Chronik der Elektro-Optik 1. Teil
Chronicle of Electro-Optics Part 1

J. Braunbeck *

Die Tatsache, dass die hier vorliegende erste deutschsprachige Fachzeitschrift für «Elektro-Optik» just ihr zehnjähriges Erscheinen registrieren kann, mag auf den ersten Blick diese Disziplin sehr jung erscheinen lassen.
Nachstehend wurde der Versuch unternommen, seit der vor 314 Jahren erschienenen ersten Beschreibung von Experimenten mit kohärentem Licht chronologisch die wichtigsten Ereignisse festzuhalten, welche das heute Erreichte möglich machten. Da zum Teil auch nicht allzuleicht zugängliche Quellen herangezogen wurden, sollte die Arbeit auch jenen Lesern etwas bieten können, die sich bereits einen Überblick über die Geschichte ihres Arbeitsgebietes geschaffen haben.
Das vorläufige Ende dieser Chronik ist für das Jahr *1969* geplant, da nachher eingetretene Ereignisse bereits in den entsprechenden Jahrgängen dieser Zeitschrift ihren Niederschlag fanden.

Though electro-optics seems to be a young science, its history may be traced back through the past 314 years, since the first publication on experiments with coherent light has been published. By using many sources not easily accessible, the author has compiled a chronicle of all events which lead to our present body of knowledge. Just for a sampler: Did you know, that mercury vapor lamps were built back in 1726? That stimulated emission in a neon discharge was observed half a century ago? The text is accompanied by a collection of pictures, some of which have not been reprinted for more than a century.

1665

Es erscheinen die Philosophical Transactions, die erste englische wissenschaftliche Zeitschrift. Robert Hooke deutet erstmals Licht als Wellenbewegung.
Zu Bologna erscheint ein Werk des zwei Jahre zuvor verstorbenen Jesuiten Francesco Maria Grimaldi. Der Autor, Professor der Mathematik an der Universität Bologna, beschreibt darin Versuche mit räumlich kohärentem Licht. Aus der Tatsache, dass bei seiner Versuchsanordnung die Schatten nicht mehr den Gesetzen der geometrischen Optik entsprechen, schliesst Grimaldi auf «eine vierte Art der Bewegung des Lichtes» (1665-1). Er stellt die von ihm so benannte Diffraktion gleichwertig neben geradlinige Ausbreitung, Reflexion und Brechung.

Lit.:

[1665-1] F. M. Grimaldi: Physico-Mathesis de Lumine, Coloribus et Iride, Bononiae MDCLXV

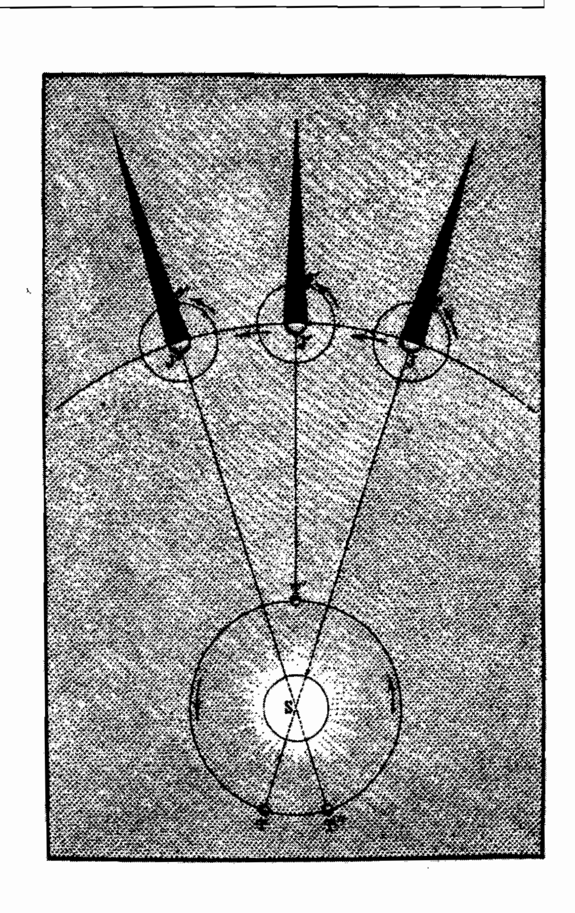


Bild 1 Der dänische Astronom Olaf Römer beobachtete gemeinsam mit D. Cassini in den Jahren 1672 bis 1676 die Verfinsterungen des ersten Jupitertrabanten. Dabei stellten sie fest, dass die Zeit zwischen zwei Verfinsterungen verschieden ist, je nachdem, ob sich die Erde auf ihrer Bahn um die Sonne dem Jupiter nähert oder sich von ihm entfernt. Aus den beobachteten Zeitdifferenzen errechnete Römer die Lichtgeschwindigkeit zu 42000 Meilen in der Sekunde. ▶


**Rat Dipl.-Jng. Dr. J. Braunbeck, Technisches Museum, Wien.*

1671

Nach einem Entwurf von Gregory, den er etwas abändert, lässt Isaac Newton ein Spiegelteleskop anfertigen und führt es im Dezember der Royal Society vor. In einigen Restaurants in Paris wird den Gästen Speiseeis serviert.
Otto von Guericke füllt gestossenen Schwefel in einen Glaskolben und schmilzt diesen über dem Feuer. Nach erfolgter Abkühlung wird das Glas zerbrochen. Die so entstandene Schwefelkugel wird durchbohrt und mit einer Achse versehen. Versetzt man die Kugel in rasche Rotation, erhält man durch Reibung an der aufgelegten Hand starke elektrische Aufladungserscheinungen. Guericke schickt eine derartige Schwefelkugel an Gottfried Wilhelm von Leibniz, der beim Experimentieren damit den elektrischen Funken beobachtet [1671-1]. Am 31. Januar 1672 teilt Leibnitz seine Beobachtung Guericke brieflich mit.

Lit.:

[1671-1] E. Gerland: Elektrotechnische Zeitschrift, *4*, 249, 281 (1883)

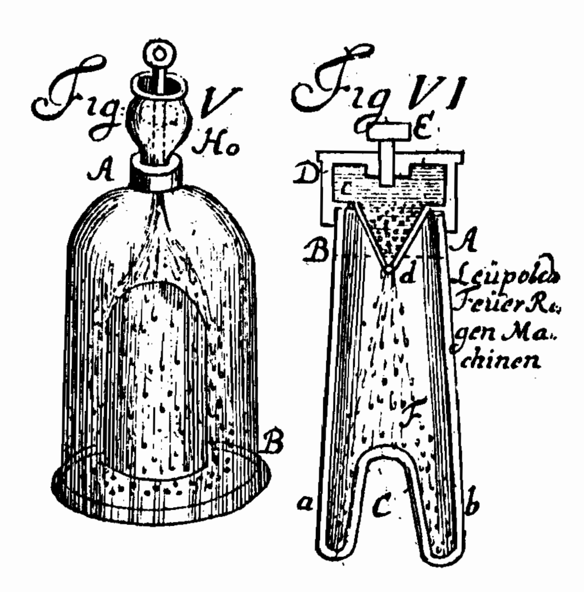


Bild 2 Unter dem Namen «Leupolds Feuer Regen Machinen» beschreibt Jacob Leupold 1762 Quecksilberdampflampen mit mechanischer Energiezufuhr. Die benötigte elektrische Energie für Entladungen im teilweisen Vakuum wird beim Durchfluss von Quecksilber durch eine enge Düse gewonnen. Bei der Ausführung nach Fig. VI lässt sich das Quecksilber durch Kippen der Anordnung wieder zurückbefördern. Zwar handelt es sich um ein Spielzeug, aber immerhin schlägt 1750 der Dresdener Hofmechaniker Heinrich Grummert vor, solche Lampen an feuergefährdeten Orten zu verwenden.

1675

Gottfried Wilhelm Leibniz vollendet am 29. Oktober zu Paris die von ihm weitgehend selbständig erdachte Differentialrechnung. Antony van Leeuwenhoek entdeckt mikroskopisch kleine Aufgusstierchen. Olaf Römer errechnet aus scheinbaren Verzögerungen in den Umlaufzeiten der Jupitermonde die Geschwindigkeit des Lichtes zu 42000 Meilen in der Sekunde. In Hamburg wird die Strassenbeleuchtung eingeführt, in München die Theatinerkirche fertiggestellt.
Jean Picard, Mitglied der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Paris, überwacht den bei Dunkelheit stattfindenden Transport eines Barometers von einem Gebäude in ein anderes. Beim Tragen gerät die Quecksilbersäule in Schwingungen. Durch Reibung zwischen Quecksilber und Glas kommt es im unvollkommenen Vakuum des Barometers zu Gasentladungen, welche Picard beobachtet. Der Entdecker nennt als Ursache des Leuchtens «mercurialischen Phosphor».

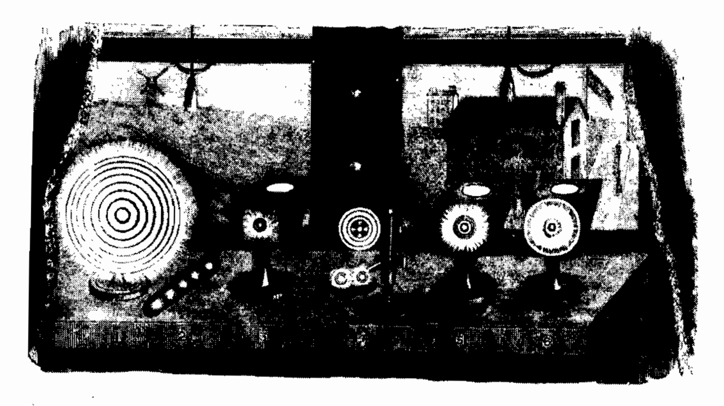


Bild 3 Friedrich Magnus Schwerd, Professor der Mathematik am Lyceum zu Speyer, erzeugt mit Konvexspiegeln verkleinerte Sonnenbildchen. Das von diesen sehr kleinen virtuellen Bildern ausgehende Licht ist weitgehend räumlich kohärent. Die hier wiedergegebene Zeichnung gibt einen Eindruck von der Pracht der mit solchen Lichtquellen erhaltenen Beugungsfiguren.

1704

Der Berliner «Farbenkünstler» Diesbach erhält durch Zufall ein schönes Blau anstelle einer anderen von ihm erwarteten Farbe. Gemeinsam mit dem Alchimisten Dippel geht er der Ursache nach und entwickelt ein Herstellungsverfahren für die Berlinerblau genannte Farbe.
Isaac Newton veröffentlicht Ergebnisse von Versuchen mit zeitlich kohärentem Licht. In seinem Werk [1704-1] findet sich unter anderem die Bemerkung, dass die heute allen Fotoamateuren wohlbekannten Interferenzen im monochromatischen Licht zahlreicher auftreten. Newton ist es somit bekannt, dass zeitlich kohärentes Licht auch bei grösseren Gangunterschieden Interferenzen zu erzeugen imstande ist. Spätere Forscher werden aufgrund solcher Beobachtungen den Begriff der Interferenzlänge als Mass für die zeitliche Kohärenz des Lichtes prägen.

Lit.:

[1704-1] I. Newton: Optice, or a Treatise on the Reflexions, Inflexions and Colours of Light, London 1704

1709

Johann Friedrich Böttger stellt weisses Porzellan her. In Coalbrookdale wird mit dem Versuch eines Hochofenprozesses mit Koks die dortige Eisenindustrie gegründet.
Francis Hawksbee, Curator of Experiments bei der Royal Society zu London, weist nach, dass es sich beim Leuchten der Barometer um ein elektrisches Phänomen handelt.

1726

Stephen Hales misst den Blutdruck. Johann Jakob Scheuchzer beschreibt einen bei Öhningen aufgefundenen fossilen Riesensalamander (Andrias Scheuchzeri) als «betrübtes Beingerüst eines alten Sünders, so in der Sintflut umgekommen» (homo diluvii testes).
Jacob Leupold schreibt [1726-1] «von denen Barometris Phosphorescentibus oder Blitzenden Barometris» und bringt so seinen Lesern die Beobachtung von Picard näher. Leupold weiss bereits, dass die Lichtausbeute einer Gasentladung vom Druck abhängt: «... Ein Barometrum so recht vollkommen von der Lufft gesäubert giebet kein Phosphorum. Wenn nur eine wenige gewisse Quantität Lufft eingelassen wird, leuchtet es herrlich, wird etwas mehr eingelassen, nimmet das Licht ab, und so zu viel kommet, verschwindet das Licht gar ... »
Unter dem Namen «Leupolds Feuer Regen Machinen» beschreibt er teilweise evakuierte Entladungsgefässe, in denen die benötigte elektrische Energie beim Durchfluss von Quecksilber durch eine enge Düse gewonnen wird.

Lit.:

[1726-1] Jacob Leupold: Pars III THEATRI STATICI UNIVERSALIS sive THEATRUM AEROSTATICUM oder Schau-Platz der Machinen zur Abwiegung und Beobachtung aller vornehmsten Eigenschafften der Lufft, Leipzig 1726

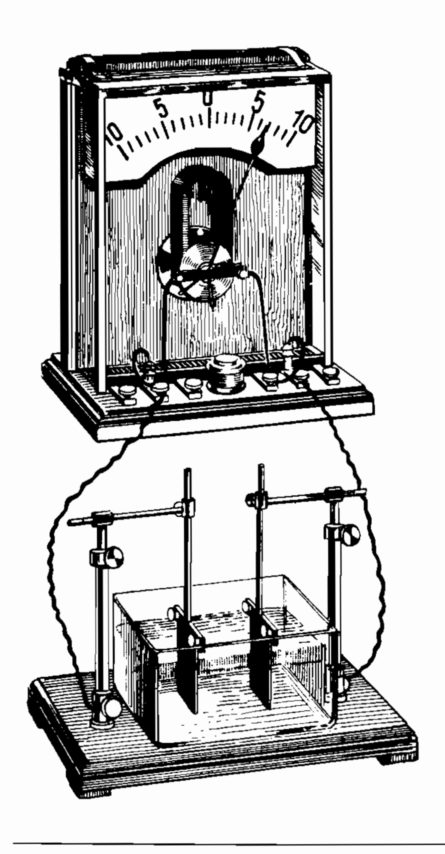


Bild 4 Alexandre Edmond Becquerel untersucht die Einwirkung des Lichtes auf galvanische Elemente. Die hier wiedergegebene Zeichnung zeigt, wie man durch Belichtung einer Elektrode auch zwischen gleichartigen Elektroden eine galvanische Spannung beobachten kann.

1750

Benjamin Franklin erwähnt in einem Brief die Idee eines Blitzableiters. J. Dietrich in Basel beginnt Hufeisenmagnete herzustellen.
Gottfried Heinrich Grummert, Hofmechaniker in Dresden, sieht praktische Anwendungsmöglichkeiten für das an Barometern und Leupoldschen Feuer-Regen-Maschinen beobachtete elektrische Leuchten des luftleeren Raumes. Er schlägt vor, das «flammenlose Licht» zur Beleuchtung von Bergwerken, Getreidespeichern und anderen durch Feuer gefährdeten Orten zu verwenden.

1802

Die Majore Hellwig und Tihavsky konstruieren gemeinsam mit dem Hauptmann Leyteny in Wien eine galvanische Zink-Kohle-Batterie.
Der Arzt William Hyde Wollaston entdeckt, dass sich die chemischen Wirkungen des Spektrums über das Violett hinaus erstrecken.
Etienne Gaspard Robertson führt in Paris eine Kohlenbogenlampe vor, welche durch 120 Silber-Zink-Elemente gespeist wird. Im selben Jahr bringen Thenard und Humphry Davy mit galvanischem Strom Metalldrähte zum Glühen.

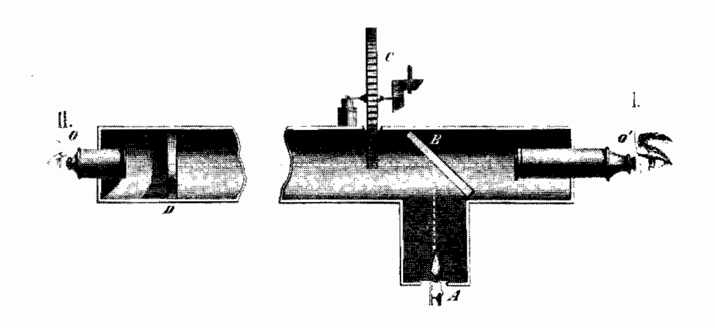


Bild 5 Armand Hippolyte Louis Fizeau misst 1849 mit der hier dargestellten Anordnung die Lichtgeschwindigkeit auf einer Strecke von 8,3 km.

1808

Johann Wolfgang Goethe übergibt den «Faust I» der Öffentlichkeit.
Humphry Davy untersucht die von Robertson beobachtete Erscheinung und prägt die Bezeichnung «electric arc».

(Fortsetzung folgt)

Chronik der Elektro-Optik 2. Teil
Chronicle of Electro-Optics Part 2

Dipl.-Ing. Dr. J. Braunbeck, Wien

1835

Justus von Liebig entdeckt das Aldehyd. Mit der von George Stephenson gebauten Lokomotive «Adler» wird die Eisenbahnlinie zwischen Nürnberg und Fürth eröffnet. An der Hochschule zu Braunschweig errichtet man eine technische Abteilung.
Friedrich Magnus Schwerd, Professor der Mathematik am Lyceum zu Speyer, erzeugt mit Konvexspiegeln verkleinerte Sonnenbildchen. Das von diesen nahezu punktförmigen virtuellen Bildern ausgehende Licht ist weitgehend räumlich kohärent. Die Intensität ist beträchtlich grösser als bei Licht, das man durch eine Lochblende räumlich kohärent macht [1835–1]. Eine spiegelnde Kugel von 4 mm Durchmesser hat zum Beispiel eine negative Brennweite von 1 mm. Das virtuelle Sonnenbildchen hat deshalb im Idealfall einen Durchmesser von etwa zwanzig Lichtwellenlängen. Dementsprechend prächtig fallen die mit solchen Kohärentlichtquellen zu beobachtenden Beugungsfiguren aus.

Lit.:

[1835–1] F. M. Schwerd: Die Beugungserscheinungen, aus dem Fundamentalsystem der Undulationstheorie analytisch entwickelt, Mannheim 1835

1838

Mit der achtzehntägigen Fahrt des Dampfers «Sirius» von London nach Amerika beginnt die Ozeandampfschiffahrt. Louis J. M. Daguerre fotografiert mit lichtempfindlichen Silbersalzen auf Metallplatten.
Jobart in Brüssel schlägt vor, mit Stromzuführungsdrähten versehene Kohlestäbchen im luftleeren oder luftverdünnten Raum zum Glühen zu bringen und so als Lichtquelle zu verwenden. Dieser erste Versuch einer brauchbaren elektrischen Glühlampe misslingt mangels einer geeigneten Stromquelle.

1839

J. L. Stephens entdeckt die Maya-Kultur. Zwischen Leipzig und Berlin entsteht eine Eisenbahnverbindung.
Alexandre Edmond Becquerel untersucht die Einwirkung des Lichtes auf galvanische Elemente. Er überschichtet eine konzentrierte Lösung von Eisenchlorid in Wasser mit käuflichem Alkohol. In jede dieser Flüssigkeiten taucht er eine Platinelektrode. Mit einem an die Elektroden angeschlossenen Galvanometer kann bereits im Dunkeln ein Strom festgestellt werden, der bei Zutritt von Sonnenlicht sofort erheblich stärker wird [1839–1, 2]. Als Becquerel das Sonnenlicht durch farbige Gläser filtert, beobachtet er, dass hinter blauen und violetten Gläsern die Wirkung eintritt. Sonnenlicht, welches durch grünes, gelbes oder rotes Glas gefiltert wird, verursacht hingegen keine beobachtbare Stromzunahme [1839–3].

Lit.:

[1839–1] E. Becquerel: Comptes Rendus 9, 145 (1839)
[1839–2] E. Becquerel: Comptes Rendus 9, 561 (1839)
[1839–3] E. Becquerel: Ann. chim. et phys. (3) 9, 274 (1843)

1840

Josef Petzval errechnet ein speziell für die Fotografie bestimmtes Objektiv. Durch seine Lichtstärke wird es möglich, so kurz zu belichten, dass man «lebende Personen porträtieren» kann. Cunard, die erste transatlantische Dampferlinie, nimmt den Betrieb auf.
William Robert Grove [1840–1] baut einen «Lichterzeuger». Dieser besteht aus einer mit kupfernen Zuleitungsdrähten versehenen dünnen Platindrahtspirale in einem mit Stickstoff, Wasserstoff oder Kohlendioxid gefüllten und mit Wasser abgedichteten Becherglas. Grove konnte diese Lampe mit galvanischen Elementen bereits mehrere Stunden lang in Betrieb erhalten.

Lit.:

[1840–1] W. R. Grove: Phil. Mag. Third Series, Vol. 27, p. 442

1845

Sir Charles Wheatstone veröffentlicht die Widerstandsmessbrücke. Sir John Frederick William Herschel und Sir David Brewster entdekken die Fluoreszenz.
Michael Faraday entdeckt an einer Glasprobe die magnetische Drehung der Polarisationsebene [1845–1].

Lit.:

[1845–1] M. Faraday: Philosophical Transactions 1855, Experimental Researches, p. 2146 ff.

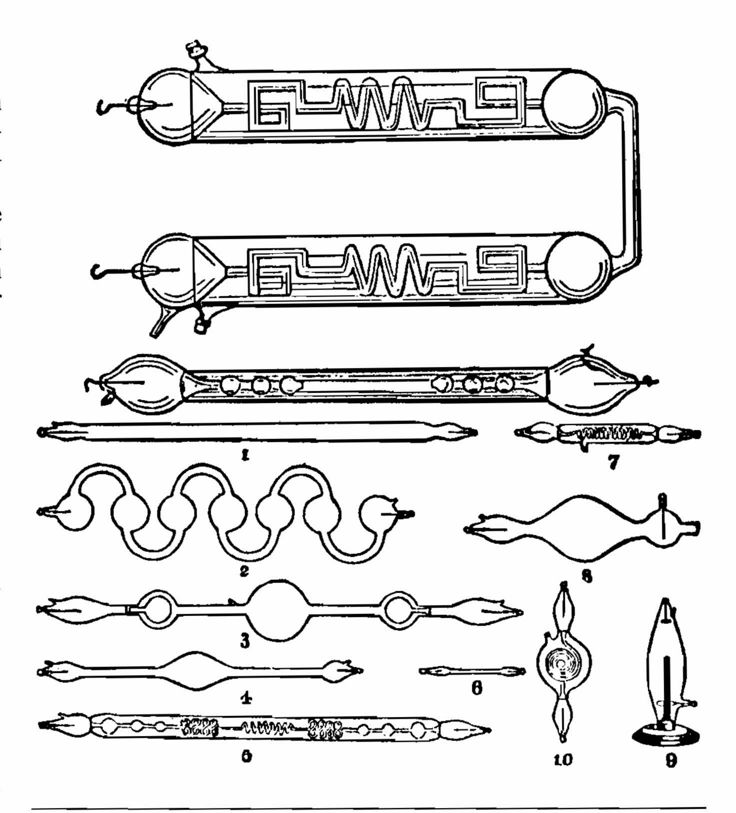


Bild 6 In seiner 1854 in Bonn gegründeten Werkstätte erzeugt Heinrich Geissler die nach ihm benannten Gasentladungsröhren, welche weltweit Aufnahme in die physikalischen Kabinette finden. Hier ein kleiner Ausschnitt aus dem Fertigungsprogramm.

1846

W. T. G. Morton und Ch. Jackson führen unabhängig voneinander Äthernarkosen durch. Johann Gottfried Galle entdeckt den Planeten Neptun in der Nähe jener Himmelsstelle, welche Urbain Joseph Leverrier vorausberechnet hatte.
Heinrich Goebel baut als Lichtquelle verwendbare Kohlenfadenglühlampen. Er verwendet aus einem Pfeifenrohr geschälte und verkohlte Bambusfasern, die er in luftleer gemachten Glasfläschchen mit einer galvanischen Batterie zum Leuchten bringt.

1849

David Livingstone erforscht den Lauf des Sambesi. P. J. v. Reuter ergänzt sein Telegrafennetz durch Brieftauben. In Bayern erscheinen die ersten deutschen Briefmarken.
Armand Hippolyte Louis Fizeau misst die Lichtgeschwindigkeit auf einer Strecke von 8,3 km.
Bei der Uraufführung von Meyerbeers Oper «Der Prophet» wird die Sonne durch eine elektrische Bogenlampe dargestellt. Kein Geringerer als der Physiker Foucault hatte auf Ersuchen des Komponisten eine für Bühneneffekte brauchbare Bogenlampe gebaut.

1854

Georg Boole veröffentlicht eine Abhandlung über mathematische Logik, welche die Grundzüge der Booleschen Algebra enthält. Robert Wilhelm Bunsen stellt auf elektrolytischem Weg Aluminium her.
Heinrich Geissler gründet in Bonn eine Werkstätte für chemische und physikalische Apparate, die bald Weltruf erlangt. Seine hervorragendste Leistung ist die Entwicklung der nach ihm benannten Gasentladungsröhren.
Georg Gabriel Stokes, Sekretär der Royal Society, untersucht die Erscheinung der Fluoreszenz. Dabei beobachtet es, dass «das Fluoreszenzlicht das erregende Licht an Brechbarkeit nicht übertrifft, sondern höchstens erreicht». Wie man seit dem Aufkommen des Lasers weiss, gilt diese früher als universell angesehene Stokessche Regel nur bei den relativ geringen Lichtintensitäten der Sonne und spontan emittierender Kunstlichtquellen.

1873

Die Firma Remington & Sons erzeugt Schreibmaschinen nach dem System von Sholes. Auf der Wiener Weltausstellung wird praktische elektrische Kraftübertragung gezeigt.
Der englische Telegrafeningenieur Willoughby Smith benötigt für eine Kabelprüfeinrichtung Hochohmwiderstände. Die ihm bekannte geringe Leitfähigkeit kristallinen Selens veranlasst ihn, aus dieser Substanz Widerstände von 1400 Megohm anzufertigen, welche «dem Widerstand einer Telegrafenlinie zwischen Erde und Sonne nahekommen würden». Der Widerstandswert dieser in Glasröhrchen eingeschlossenen Selenstäbe erweist sich jedoch als äusserst inkonstant. May, ein Assistent von Smith, erkennt, dass der Widerstandswert lichtabhängig ist [1873–1].
Selbst das Licht einer Kerze erweist sich als ausreichend, eine deutliche Änderung des Ausschlages eines mit dem Selenwiderstand in Serie geschalteten Galvanometers zu bewirken. Durch das grelle Licht eines brennenden Magnesiumdrahtes sinkt der Widerstandswert sogar auf die Hälfte und kehrt bei Verdunklung zum ursprünglichen Wert zurück [1873–2].
Willoughby Smith später über die neue Entdeckung: «...Mit Hilfe eines Mikrophons kann man das Laufen einer Fliege so laut hören, dass es dem Trampeln eines Pferdes auf einer hölzernen Brücke gleichkommt. Aber noch viel wunderbarer ist es meiner Meinung nach, dass ich mit Hilfe des Telephons einen Lichtstrahl auf eine Metallplatte fallen hörte...»

Lit.:
[1873–1] W. Smith: American Journal of Science *5*, 301 (1873)
[1873–2] W. Smith: Berichte der deutschen Chemischen Gesellschaft, *6*, 204, (1873)

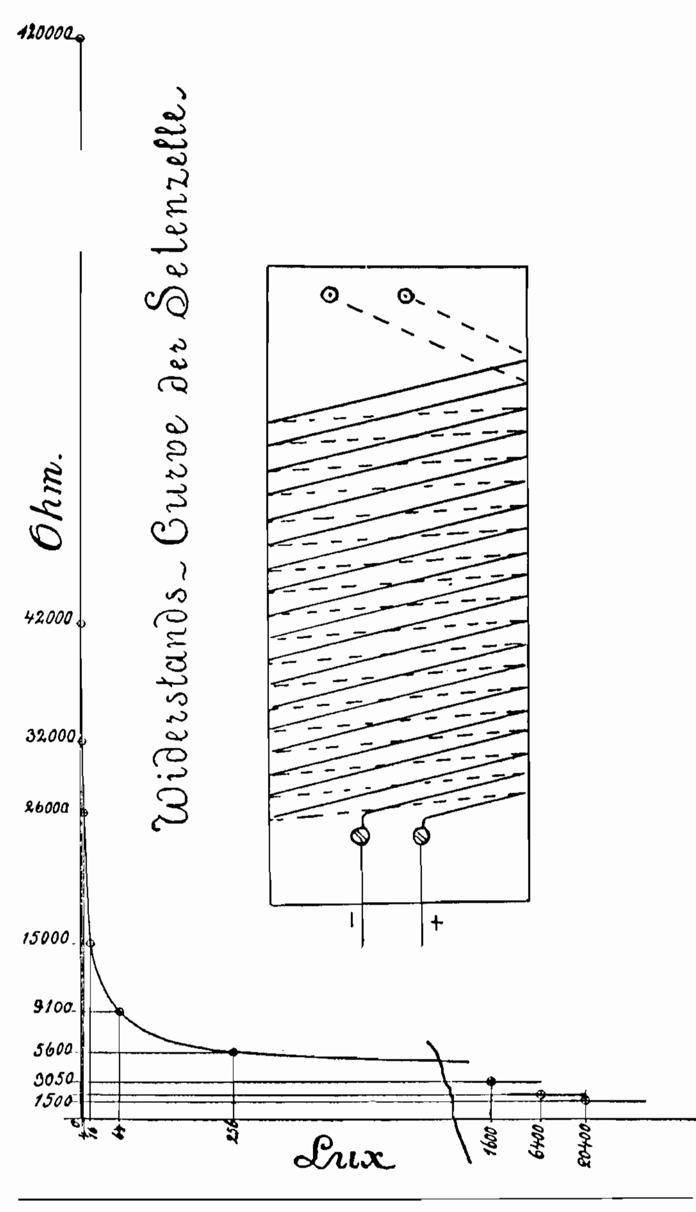


Bild 7 Im Laboratorium des englischen Telegrafeningenieurs Willoughby Smith wird 1873 die Lichtempfindlichkeit des Selens entdeckt. Werner von Siemens gibt der Selenzelle ihre technische Form. Die hier gezeigte Kombination von Darstellungen der geometrischen Konfiguration und der Kennlinie gemahnt an moderne Datenblätter.

1875

Zu Paris vereinbaren 17 Staaten die Internationale Meterkonvention. Oskar Hertwig beobachtet am Ei des Seeigels den Befruchtungsvorgang.

Werner v. Siemens baut technische Selenzellen. Dabei kommt es vor allem darauf an, relativ niederohmige Widerstände aus Selen zu schaffen. Deshalb bemüht man sich, den Leitungsquerschnitt möglichst zu vergrössern und die Länge des Leitungsweges zu vermindern. Siemens füllt den Zwischenraum zwischen zwei Platindrahtspiralen mit geschmolzenem, glasigem Selen aus. Durch Erhitzen auf 210 °C und langsames Abkühlen wird das Selen sodann in den kristallinen Zustand übergeführt. Die Lichtempfindlichkeit derartiger Zellen wird dadurch charakterisiert, dass «der Widerstand bei Belichtung auf ein Fünfzehntel des Dunkelwiderstandes herabgeht» [1875–1]. Siemens nutzt die Eigenschaften des neuen elektrooptischen Bauelementes für ein objektives Fotometer.

Lit.:

[1875–1] W. v. Siemens: Dinglers Polytechnisches Journal, *217*, 61 (1875)

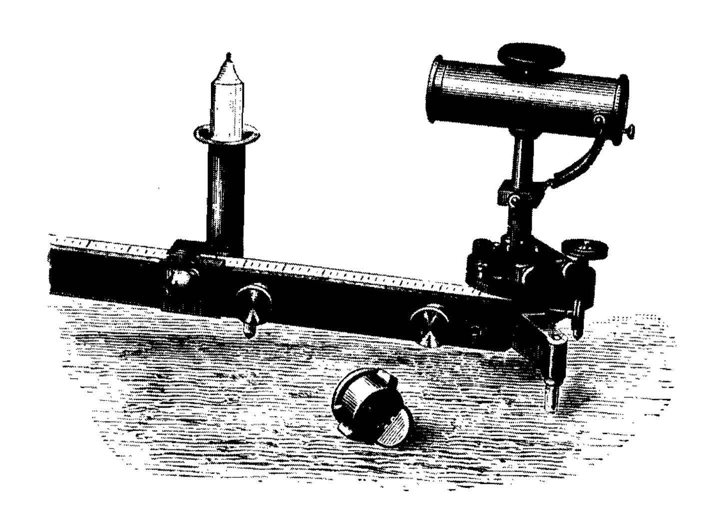


Bild 8 Ein 1875 von Werner von Siemens gebautes objektives Fotometer mit Selenzelle.

1876

Alexander Graham Bell bringt das Telefon in technisch brauchbare Form. Robert Koch erkennt das Milzbrandbakterium als Krankheitserreger.

W. G. Adams und R. E. Day untersuchen die Lichtempfindlichkeit des Selens [1876–1]. Dabei beobachten sie, dass an Selenstäben eine Spannung auftritt, wenn man sie nur an einem Ende beleuchtet.

Lit.:

[1876–1] W. G. Adams und R. E. Day: Proc. of the Royal Society of London, *25*, 1113 (1876)

1877

Asaph Hall entdeckt die Marsmonde. Thomas Alva Edison entwickelt den Walzen-Phonographen. Ludwig Boltzmann definiert die Entropie. An Kerzenlicht, welches durch eine behauchte Glasplatte tritt, beobachtet K. Exner einen Granulationseffekt. [1877–1]. Diese Erscheinung wird später unter dem Namen «Laser Speckles» bekannt werden.

Lit.:

[1877–1] K. Exner: Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, *76*, 522 (1877)

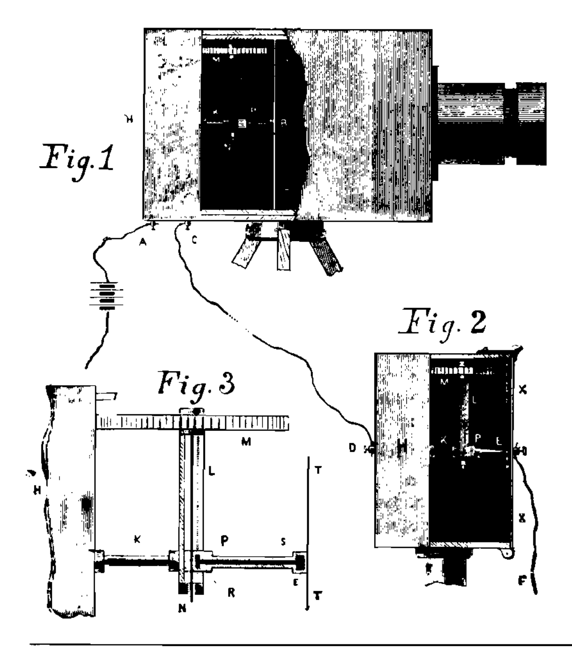


Bild 9 Bald nach Bekanntwerden der Lichtempfindlichkeit des Selens erschienen die ersten Fernseh-Erfinder im Licht der Öffentlichkeit. Die hier wiedergegebenen Zeichnungen stellen eine von W. A. Carey 1879 vorgeschlagene Aufnahmekamera mit spiralförmiger Abtastung dar. Carey dachte zwar in erster Linie an Bildtelegrafie, erkannte aber auch die Möglichkeit, anstelle einer permanenten Registrierung auf präpariertem Papier mit Hilfe eines Glühlämpchenrasters «a luminous image» zu gewinnen.

1878

Im Laboratorium von David Edwin Hughes entsteht das Kohlemikrophon. In den USA baut man die ersten Stadtfernsprechanlagen.

Am 17. Oktober wird die «Edison Electric Light Company» gegründet. Edison arbeitet zunächst an der Verbesserung der Platindrahtlampe. Das oft durch Spannungsschwankungen vorkommende Durchbrennen der Platindrähte in den Lampen verhindern Edison und J.E. Stokes durch sinnreiche Konstruktionen, welche bei zu hoher Temperatur des Platindrahtes einen Widerstand zuschalten.

Chronik der Elektro-Optik 3. Teil
Chronicle of Electro-Optics Part 3

Dipl.-Ing. Dr. J. Braunbeck, Wien

1879

Auf der Berliner Gewerbeausstellung zeigt Werner v. Siemens eine elektrische Bahn. Die Geleise haben eine Länge von 300 m.
Thomas Alva Edison stellt eine brauchbare Lampe mit einem Glühkörper aus verkohltem Papier her und reicht im Dezember ein Patent auf eine Glühlampe mit aus «Bristolkarton» angefertigter Papierkohle ein. Nachdem er zur Erzeugung von Kohlenfäden auch Baumwoll- und Leinenfäden verwendet hat, geht Edison schliesslich zu Bambusfasern über.
W.A. Carey schlägt einen Bildtelegrafen mit spiralförmiger Abtastung vor [1879-1]. Im Geber befindet sich eine Selenzelle. Beim Empfänger wird das Bild auf präpariertem Papier elektrolytisch registriert. Carey erkennt auch die Möglichkeit, anstelle der permanenten Registrierung mit Hilfe einer Glühlämpchenmatrix «a luminous image» zu gewinnen [1879-2].

Lit.:
[1879-1] Anonym: Scientific American, *40,* 309 (1879)
[1879-2] Anonym: Scientific American, *42,* 355 (1880)

1880

Am Gotthardmassiv erfolgt der Durchbruch des 14,92 km langen Eisenbahntunnels. J.P. Pawlow untersucht den bedingten Reflex.
Alexander Graham Bell und sein Mitarbeiter Sumner Tainter nutzen die Lichtempfindlichkeit des Selens zur drahtlosen Telefonie. Sie überbrücken eine Entfernung von ca. 200 m. Bell bezeichnet sein Gerät als Photophon.
Gaston Trouvé stellt kleine Kohlenfadenlämpchen her, die er in «elektrische Juwelen» einbaut. Zusammen mit kleinen tragbaren Chromsäure-Tauchelementen finden die verschiedenfarbig leuchtenden Schmuckstücke in Oper und Theater Verwendung.

1883

Pierre Curie entdeckt die Piezoelektrizität. Georg Cantor begründet die Mengenlehre.
Lord Rayleigh, Professor an der Universität zu Cambridge, beschäftigt sich mit parametrischen Oszillatoren. [1883-1]. Er zeigt, wie man einem elektrischen Schwingkreis durch mechanisches «Pumpen», das heisst durch periodisches Verändern des Kondensatorplattenabstandes, Energie zuführen kann.

Lit.:
[1883-1] Lord Rayleigh: Phil. Mag. 5 (1883)

1884

Goodwin und Eastman stellen fotografischen Film her. Ch. M. Hall und P.T. Héroult schaffen die Grundlagen für industrielle Aluminiumgewinnung auf elektrolytischem Wege.
Paul Nipkow schlägt die später nach ihm benannte Lochscheibe zur Bildabtastung beim Fernsehen vor [1884-1].

Lit.:
[1884-1] P. Nipkow: Deutsches Reichspatent 30 105 vom 6.1.1884

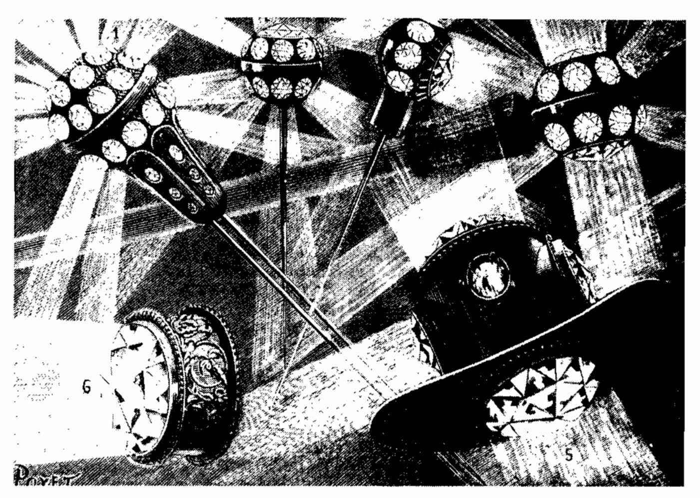


Bild 10 Gaston Trouvé baut 1880 kleine Kohlenfadenlämpchen in «elektrische Juwelen» ein. Die verschiedenfarbig leuchtenden Schmuckstücke werden vor allem in Oper und Theater verwendet.

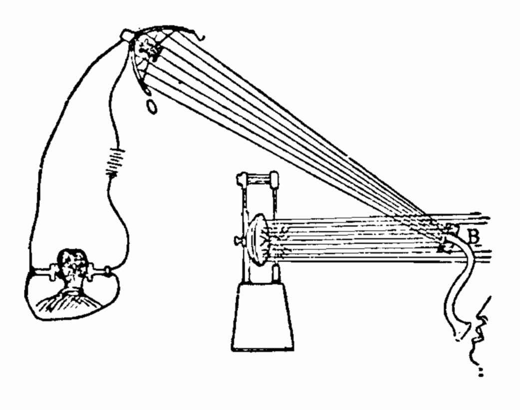


Bild 11 Alexander Graham Bell und sein Mitarbeiter Sumner Tainter nutzen die Lichtempfindlichkeit des Selens zur drahtlosen Telefonie. Mit dem von Bell als Photophon bezeichneten Gerät überbrücken sie etwa 200 m. Hier eine Prinzipskizze der Vorführungsapparatur aus dem Jahre 1880.

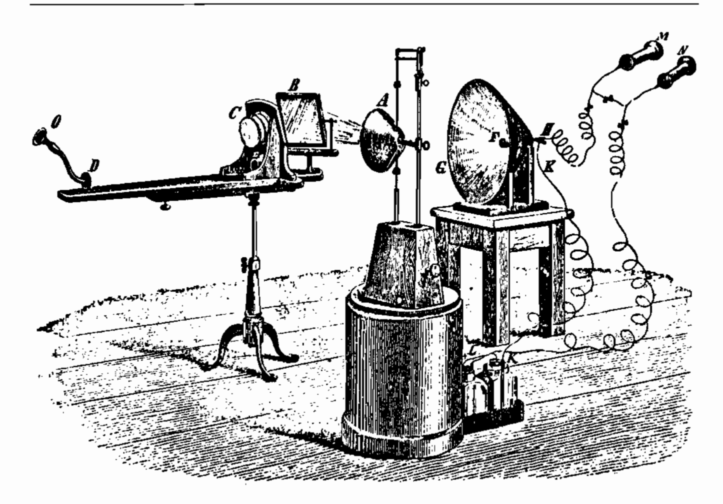


Bild 12 Das Photophon nach Bell konnte sich zwar in der Praxis seiner bescheidenen Reichweite wegen kaum durchsetzen, fand aber Eingang in die physikalischen Kabinette. Hier eine besonders aufwendige Anlage.

1886

Ernst Abbe entwickelt aufgrund neuer Glasschmelzen von Schott hochfarbfehlerfreie Objektive, die er Apochromate nennt. John S. Pemberton gibt das Ursprungsrezept für Coca-Cola an.
Sir William Crookes untersucht die Fluoreszenz des Rubins. Einer zeitgenössischen Schilderung [1886–1] ist folgender Absatz entnommen:
«... Noch brillanter phosphoresciren Rubine im Vacuum, die bekanntlich nichts weiter sind, als krystallisirte Tonerde mit etwas Farbstoff. Unter dem Einfluss des kathodischen Effluviums erstrahlen die Krystallkörner in so herrlichem rothem Lichte, dass es scheinen mag, als ob sie glühend heiss wären.» Hätte, sagt William Crookes, Shakespeare, der alles Wissen beherrscht haben soll, diese Rubine gekannt, er würde sie kaum besser haben schildern können, als mit den Worten aus Julius Cäsar:

«... mit Funken ohne Zahl
und Feuer sind sie all,
und jeder leuchtet.»

«Merkwürdigerweise zeigt das Spectroscop auch im Lichte, das ein Rubinkrystall ausstrahlt, wenn Sonnenlicht auf ihn fällt, jene eben erwähnte helle rothe Phosphoreszenzlinie. Ein solcher Krystall wird uns also nicht einfach sichtbar, wie irgend ein Stein, sondern die Sonnenstrahlen regen ihn zur Phosphorescenc an und lassen ihn in hellem, innerem Lichte erglühen. So erklärt sich der ausserordentliche Glanz des Rubins, der seinen Werth als Edelstein bedingt...»

Lit.:

[1886–1] Anonym: Stein der Weisen, *18*, 240 (1897)

1887

In Paris beginnen die Bauarbeiten zum Eiffelturm. In Berlin gründet man die Physikalisch-Technische Reichsanstalt und die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft.
Heinrich Hertz veröffentlicht eine Arbeit «Über einen Einfluss des ultravioletten Lichtes auf die electrische Entladung» [1887–1]. Er schliesst seinen ausführlichen Versuchsbericht mit folgenden Worten ab:
«... Nach den Resultaten unserer Versuche hat das ultraviolette Licht die Fähigkeit, die Schlagweite der Entladungen eines Inductoriums und verwandter Entladungen zu vergrössern. Die Verhältnisse, unter welchen es bei derartigen Entladungen seine Wirkung äussert, sind freilich recht complicirt, und es ist also wünschenswerth, die Wirkung auch unter einfacheren Bedingungen, insbesondere unter Vermeidung eines Inductoriums zu studieren. Bei dem Versuche, nach dieser Hinsicht Vorteile zu erlangen, bin ich auf Schwierigkeiten gestossen. Ich beschränke mich deshalb gegenwärtig darauf, die festgestellten Thatsachen mitzutheilen, ohne eine Theorie über die Art, wie die beobachteten Erscheinungen zu Stande kommen, zu versuchen...»

Lit.:

[1887–1] H. Hertz: Ann. Phys. und Chem., *31*, 983 (1887)

1888

J.B. Dunlop rüstet ein Fahrrad mit Luftreifen aus. Nikola Tesla baut einen Mehrphasen-Wechselstrommotor.
Willhelm Hallwachs baut auf der Beobachtung von Hertz auf und schafft die von jenem geforderten «einfacheren Bedingungen» [1888–1]. Er beschreibt seine Versuchsanordnung:
«... Eine blankgeputzte, kreisförmige Zn-Platte von etwa 8 cm Durchmesser hing an einem isolirenden Stativ, und war durch einen Draht mit einem Goldblattelectroscop in Verbindung gesetzt... Das System aus Platte und Goldplättchen isolirte gut. Ladet man die Platte sammt Electroscop, welch letzteres von den Strahlen nicht getroffen werden kann, negativ electrisch, so beginnen, sobald die Lichtstrahlen auf die Platte auftreffen, die Goldblättchen lebhaft zusammenzufallen...»

Lit.:

[1888–1] W. Hallwachs: Ann. Phys. und Chem., *33*, 301 (1888)

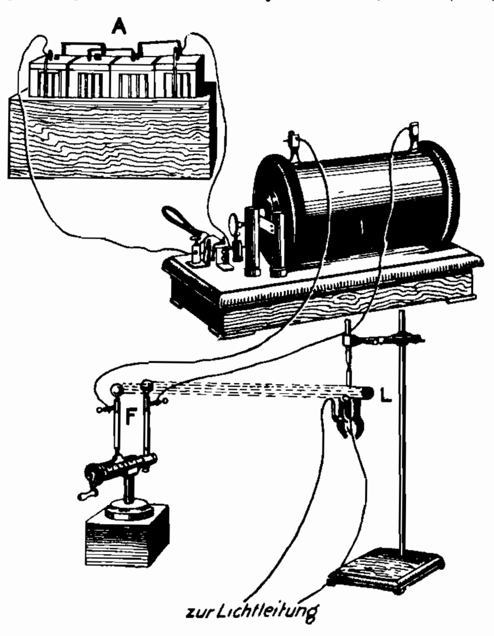


Bild 13 In seiner 1887 erschienenen Arbeit «Über einen Einfluss des ultravioletten Lichtes auf die electrische Entladung» kommt Heinrich Hertz zu dem Schluss, dass das ultraviolette Licht die Fähigkeit habe, «die Schlagweite der Entladungen eines Inductoriums und verwandter Entladungen zu vergrössern». Hier eine Anordnung zur Demonstration der Entdeckung von Hertz.

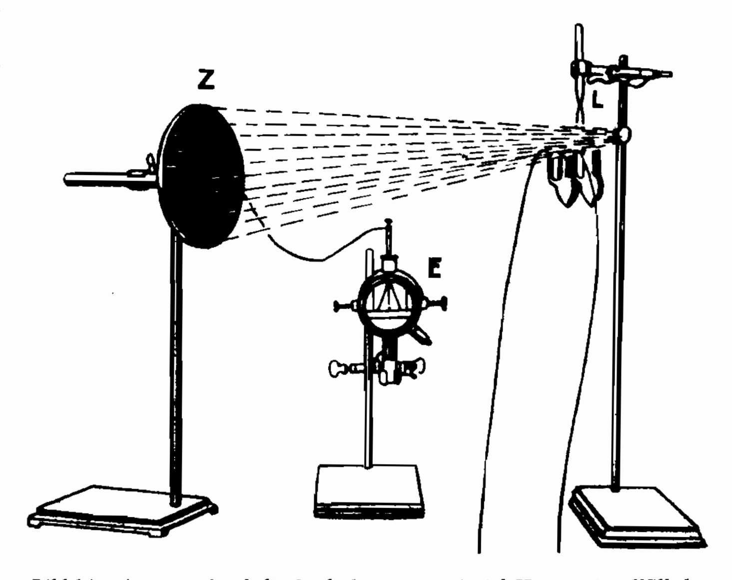


Bild 14 Angeregt durch die Entdeckung von Heinrich Hertz, zeigte Wilhelm Hallwachs 1888, dass ein negativ elektrisch aufgeladenes Elektroskop durch eine ultraviolett beleuchtete Zinkplatte entladen werden kann.

1889

Otto Lilienthal veröffentlicht sein grundlegendes Werk «Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst». In Paris findet die 10. Weltausstellung mit 28 Millionen Besuchern statt. Der zu diesem Anlass errichtete Eiffelturm bleibt mit 300 m längere Zeit das höchste Bauwerk der Erde.
Der Botaniker F. Reinitzer beobachtet an Cholesteryl-Benzoat erstmals Anisotropie von Flüssigkeiten. O. Lehmann untersucht diese Erscheinung eingehend [1889-1] und prägt dafür den Begriff «flüssige Kristalle». Die Forscher Nernst, Tammann und Quincke bestreiten die Existenz flüssiger Kristalle.

Lit.:

[1889-1] O. Lehmann: Zeitschrift für Physikalische Chemie, *4*, 462 (1889)

1892

Nikola Tesla experimentiert mit hochgespannten hochfrequenten Wechselströmen. Edison und Preece unternehmen Versuche zur drahtlosen elektrischen Telegrafie.
In der Kurzzeitfotografie beginnt man den elektrischen Funken als Impulslichtquelle zu benutzen. C.V. Boys [1892-1] macht nach dieser Methode fotografische Aufnahmen mit Belichtungszeiten in der Grössenordnung einer Mikrosekunde.

Lit.:

[1892-1] C.V. Boys: Proc. Roy. Soc., *47*, 415 (1893)

1893

Auf dem Elektrikerkongress zu Chicago legt man die Einheiten Henry, Joule, Ohm und Watt fest. In Deutschland wird durch ein Gesetz vom 12. März die «mitteleuropäische Einheitszeit» eingeführt.
Alexander Graham Bell führt in Chicago sein Thermophon vor. Dieses drahtlose Telefon beruht auf dem fotoakustischen Effekt, dessen quantitative theoretische Deutung erst 1976 gelingt [1893-1,2].
Julius Elster und Hans Friedrich Geitel schaffen die Vakuumfotozelle mit Alkalikathode [1893-3]

Lit.:

[1893-1] A. Rosencwaig und A. Gersho: J. Appl. Phys., *47*, 64 (1976)
[1893-2] H.-J. Coufal und E. Lüscher: Physik in unserer Zeit, *9/2*, 46 (1978)
[1893-3] J. Elster und H. Geitel: Ann. Phys. Chem., *52*, 433 (1894)

1896

Antoine Henri Becquerel (der Sohn von Alexandre Edmond Becquerel, siehe 1839) macht am 24. Februar der Pariser Akademie die erste Mitteilung über die vom Uran ausgehende radioaktive Strahlung. Rudolf Diesel übertrifft mit dem später nach ihm benannten Motor den Wirkungsgrad der Dampfmaschinen.
Pieter Zeeman beobachtet das spektrale Verhalten einer mit Natrium gelb gefärbten Flamme zwischen den Polen eines starken Elektromagneten. Bei seinen Untersuchungen entdeckt er sowohl Verbreiterungen der ausgesandten Spektrallinien als auch Polarisationseffekte an deren Rändern. Hendrik A. Lorentz, dem Zeeman seine Beobachtung mitteilt, entwickelt ein einfaches theoretisches Modell einer Lichtquelle im Magnetfeld. Lorentz deutet mit Hilfe dieses theoretischen Modells die Beobachtung von Zeeman als Aufspaltung der Spektrallinien im magnetischen Feld. Neuerliche spektrale Beobachtungen mit erhöhtem Auflösungsvermögen bestätigen diese Auffassung.

Lit.:

[1896-1] P. Zeeman: Entdeckung der magnetischen Beeinflussung der Spektrallinien, Leiden 1896
[1896-2] P. Zeeman: Researches in magnetooptics, Leiden 1913

1897

W. Wien, J.J. Thomson und E. Wiechert messen die spezifische Ladung des Elektrons. Ross entdeckt die Malariaübertragung durch die Anophelesmücke.
Walter Nernst entwickelt eine Lampe, bei welcher ein aus einer Mischung hochfeuerfester Oxide bestehendes Stäbchen (Thor-, Cer-, Zirkon-, Yttrium- und Erbiumoxid) zuerst durch Erwärmung elektrisch leitend gemacht und hierauf durch den elektrischen Strom zum Glühen gebracht wird. Das Stäbchen glüht in freier Luft. Diese Lichtquelle droht eine Zeitlang die Glühlampe zu verdrängen, wird aber später nur mehr für Spezialzwecke wie Infrarotspektroskopie eingesetzt.

Lit.:

[1897-1] W. Nernst: DRP 104 872 vom 9. März 1897



Bild 21 Die zum in Bild 20 dargestellten Sender gehörende Empfangsanlage mit Selenzelle.

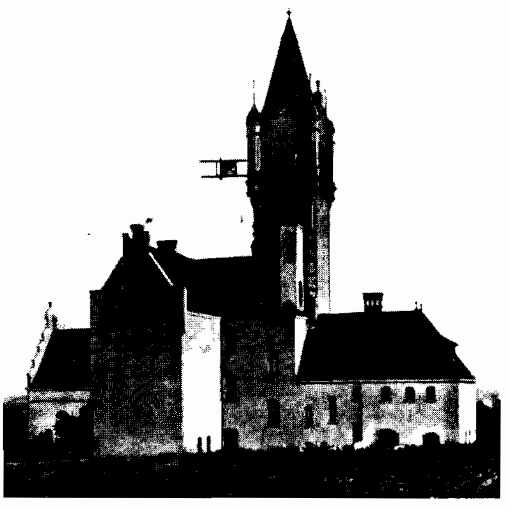


Bild 22 Ernst Ruhmer führt 1902 auch Grossversuche mit seinem drahtlosen Fernsprecher durch, wobei er Entfernungen bis zu 15 km überbrückt. Hier der Empfänger am Turm der Empfangsstation Falkenberg bei Grünau.

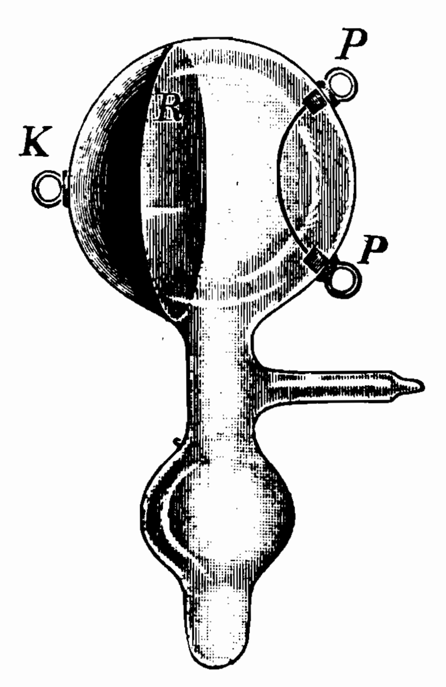


Bild 15 Julius Elster und Hans Friedrich Geitel gaben 1893 der Vakuumfotozelle mit Alkalikathode ihre technisch brauchbare Form.

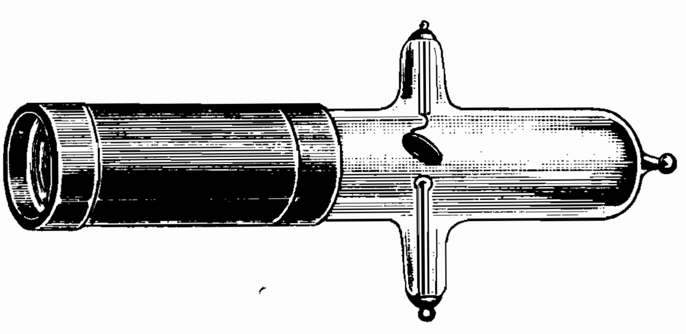


Bild 16 Die Zicklersche Röhre aus dem Jahre 1898. In diesem für die optische Telegrafie bestimmten elektrooptischen Wandler löst die eintreffende Ultraviolettstrahlung einen Funkenüberschlag aus. Das Ultraviolettlicht fällt durch das links im Bild sichtbare Quarzfenster auf eine in Luft von 200 mm Druck eingeschlossene Funkenstrecke.

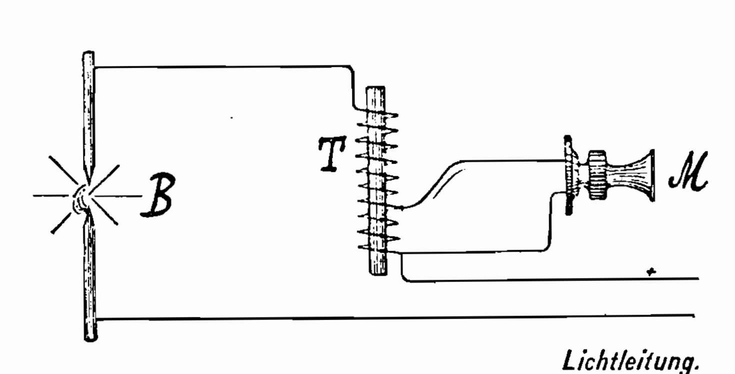


Bild 17 Hermann Th. Simon gelingt 1898 die Modulation des Lichtes einer elektrischen Lichtbogenlampe mit niederfrequenten Schwingungen. Diese Erfindung gibt der Lichttelefonie neuen Auftrieb.

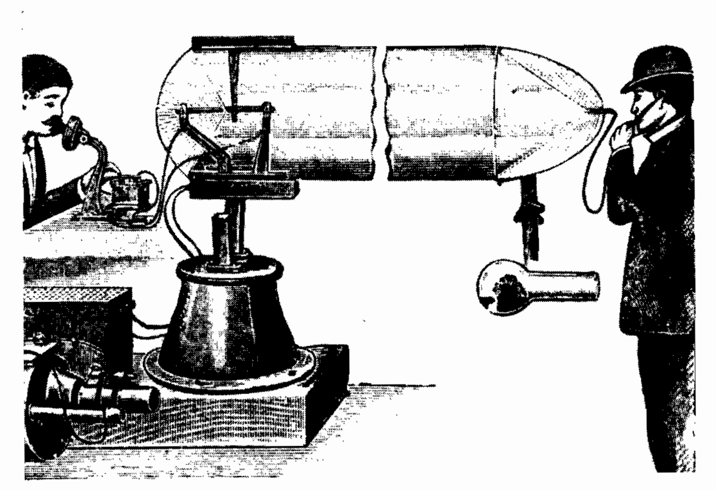


Bild 18 Mit Hilfe des elektrisch modulierten Bogenlichtes versucht Alexander Graham Bell 1899 nochmals, seinem Photophon zum Durchbruch zu verhelfen. Sein dabei verwendeter Empfänger beruht auf dem fotoakustischen Effekt.

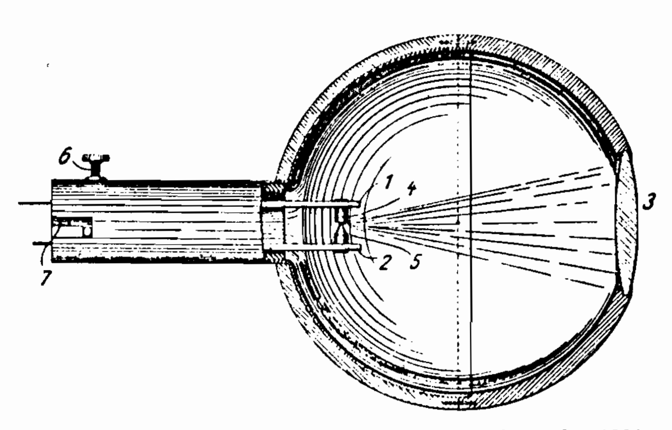


Bild 19 Die erste Halbleiterfotodiode stammt aus dem Jahre 1901. Das Tejometer von J.C. Bose enthält einen Bleiglanzkristall mit federnd aufgesetzter Spitze. Wie bei modernen Fotohalbleitern ist eine Kondensorlinse vorgesehen.

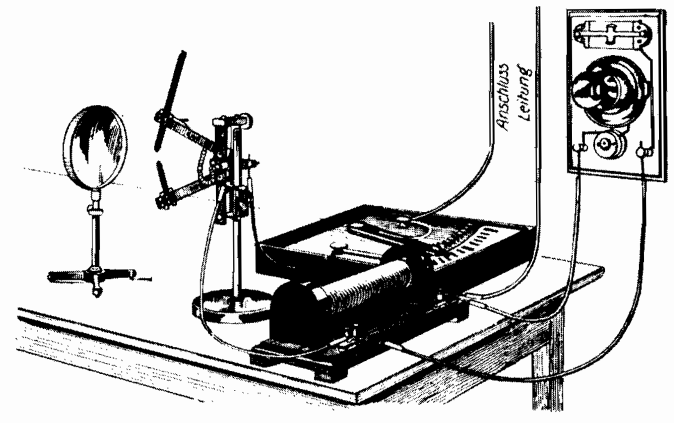


Bild 20 Im Jahre 1902 greift Ernst Ruhmer das Prinzip des Photophons auf und schafft zu diesem Zweck verbesserte Selenzellen. Hier die zur Demonstration verwendete Sendeanlage mit elektrisch sprachmoduliertem Lichtbogen.

1898

Das Ehepaar Curie entdeckt die radioaktiven Elemente Polonium und Radium. Dewar gelingt die Verflüssigung des Wasserstoffes bei -240 °C.

Hermann Th. Simon gelingt es, das Licht einer elektrischen Lichtbogenlampe mit niederfrequenten Schwingungen zu modulieren [1898-1,2].

Benedict Schöffler konzipiert ein Fernsehsystem mit Abtastung durch ein Selenzellenrad. Im Empfänger sollen Schwingspiegel verwendet werden [1898-3].

Auer von Welsbach erhält Patente auf seine Glühlampe mit Osmiumfaden [1898-4,5].

Karl Zickler, Professor der k.k. technischen Hochschule in Brünn, nutzt die von Heinrich Hertz entdeckte fotoelektrische Beeinflussung von Funkenstrecken zur drahtlosen Telegrafie mit Ultraviolettstrahlung. Als Empfangsorgan entwickelt er die Zicklersche Röhre, in der das Ultraviolettlicht durch ein Quarzfenster auf eine in Luft von 200 mm Druck eingeschlossene Funkenstrecke fällt [1898-6]

Lit.:

[1898-1] H.Th. Simon: Wied. Ann. *64*, 233 (1898)
[1898-2] H.Th. Simon: Elektrotechnische Zeitschrift, *19*, 327 (1898)
[1898-3] B. Schöffler: Die Phototelegraphie und das elektrische Fernsehen, Wien-Leipzig 1898
[1898-4] Auer v. Welsbach: D.R.P. 138 135 vom 19. Januar 1898
[1898-5] Auer v. Welsbach: Österr. Patent 9693
[1898-6] K. Zickler: Elektrotechnische Zeitschrift, *19*, 474 (1898)

1899

E. Rutherford entdeckt die Alpha- und Betastrahlen radioaktiver Atome. Die Brüder Wright beginnen mit Drachenflugversuchen.

Alexander Graham Bell versucht nochmals, seinem Photophon zum Durchbruch zu verhelfen. Bei einer Vorführung im Madison Square Garden verwendet er eine nach dem Verfahren von Simon modulierte Bogenlampe. Im Brennpunkt des Empfangsspiegels befindet sich eine mit Kohlenfäden gefüllte Glaskugel, welche durch den fotoakustischen Effekt die Lichtschwankungen in Schallwellen umsetzt.

1900

Graf Zeppelin steigt mit seinem Luftschiff erstmals auf. Zwischen Budapest und Fiume überträgt der Schnelltelegraf von Pollak und Virag in einer Stunde 40 000 Worte Kursivschrift.

Philipp Lenard beweist experimentell, dass durch ultraviolettes Licht Elektronen vom bestrahlten Körper abgelöst werden. Er veröffentlicht seine Versuchsergebnisse unter dem Titel «Erzeugung von Kathodenstrahlen durch ultraviolettes Licht» [1900-1].

Lit.:

[1900-1] Ph. Lenard: Ann. Phys., *2*, 359 (1900)

1901

In der Funktechnik beginnt man den Kristalldetektor zu verwenden. Berson und Süring erreichen im offenen Freiballon eine Höhe von 10 800 m.

Ernst Ruhmer baut ein Gerät, welches er Photographophon nennt. Mit Hilfe einer modulierten Bogenlampe werden Niederfrequenzsignale auf Kinofilm festgehalten. Die Wiedergabe erfolgt mittels Selenzellen [1901-1,2]. Ruhmer über sein Gerät: «Für praktische Zwecke soll zunächst die Verwendung des Photographophons in Verbindung mit dem Kinematographen, wobei auf einem und demselben Film die Bewegungen und die Musik resp. Sprache festgehalten werden können, ins Auge gefasst werden.»

In Kalkutta entdeckt Jagadis Chunder Bose die Lichtempfindlichkeit des zum Rundfunkempfang verwendeten Kristalldetektors, der aus einem Bleiglanzkristall mit federnd aufgesetzter Spitze besteht. Bose nennt die Anordnung Tejometer. Dieser Name ist vom Sanskritwort «Tej» abgeleitet, welches «Strahlung» bedeutet. In den USA wird auf diese erste Halbleiterfotodiode ein Patent erteilt [1901-3]. Die Patentschrift erwähnt ausserdem die Verwendung eines Flüssigkeitsfilters, wodurch die spektrale Empfindlichkeitsverteilung jener des menschlichen Auges angeglichen werden soll.

Lit.:

[1901-1] E. Ruhmer: Physikalische Zeitschrift, *2*, 325, 498 (1900/1901)
[1901-2] E. Ruhmer: Ann. Physik (IV), *5*, 803 (1901)
[1901-3] J.C. Bose: US Patent 755 840



Bild 23 Die erfolgreichen Lichttelefonieversuche von Ernst Ruhmer haben auch wirtschaftliche Folgen. Wie dieses Inserat zeigt, gibt es einen kleinen Markt für Selenzellen, Apparate zur Telefonie ohne Draht, sowie für grammweise gehandeltes Selen.

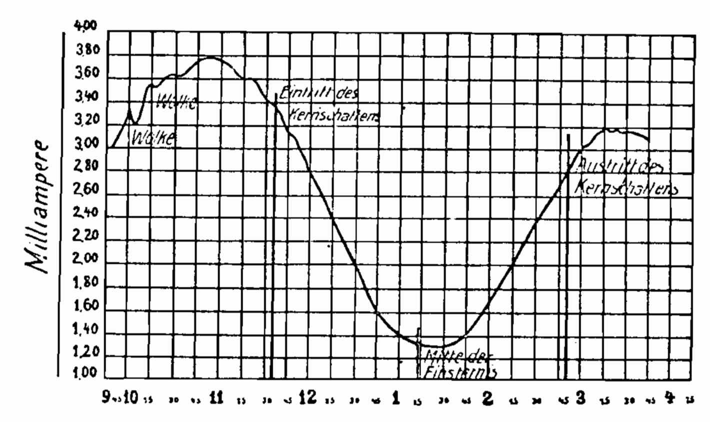


Bild 24 In der Nacht vom 11. auf den 12. April 1903 verwendet Ernst Ruhmer eine Selenzelle zur objektiven fotometrischen Registrierung einer Mondfinsternis.

1902

Koepsel entwickelt den Drehkondensator. Cooper und Hewitt bauen einen Quecksilberdampfgleichrichter. Krupp zeigt auf einer Ausstellung in Düsseldorf ein 26,8 m mal 3,65 m grosses, 38,5 mm dickes Kesselblech.
Die Lichttelefonie macht weitere Fortschritte. Durch Kombination einer nach dem Verfahren von Simon modulierten Bogenlampe und einer Empfangsstation mit Selenzelle gelingt es Ernst Ruhmer, am Wannsee bei Berlin eine Entfernung von 15 km zu überbrücken [1902–1].
Aus den Strom-Spannungs-Charakteristiken von Vakuumfotozellen ermittelt Philipp Lenard die «Anfangsgeschwindigkeit» der Fotoelektronen. Damit ist jene Geschwindigkeit gemeint, welche den Fotoelektronen nach Leistung einer Austrittsarbeit beim Verlassen des bestrahlten Körpers verbleibt. Lenard findet, dass diese Anfangsgeschwindigkeit von der Lichtintensität unabhängig ist, hingegen aber durch die Wellenlänge der erregenden Strahlung bestimmt wird [1902–2].
Die Auergesellschaft in Berlin beginnt Osmiumglühlämpchen auf den Markt zu bringen.

Lit.:

[1902–1] E. Ruhmer: Elektrotechnische Zeitschrift, *23*, 859 (1902)
[1902–2] P. Lenard: Ann. Phys., *8*, 88 (1902)

1903

Wilhelm Einthoven registriert mit dem Saitengalvanometer die Aktionsströme des Herzmuskels. Die Zeitschrift «Temps» in Paris gibt am 11. Juli ein Telegramm rund um die Erde auf. Es durchläuft die Strecke von 60000 km in der Zeit zwischen 11.35 Uhr und 5.55 Uhr.
In der Nacht vom 11. auf den 12. April verwendet Ernst Ruhmer eine Selenzelle zur objektiven fotometrischen Registrierung einer Mondfinsternis [1903–1].

Lit.:

[1903–1] E. Ruhmer: Elektrotechnische Zeitschrift, *25*, 1021 (1904)

1904

Die Gebrüder Lumière stellen fotografisches Farbaufnahmematerial her. J. Hartmann entdeckt spektroskopische Hinweise für das Vorhandensein dunkler Materie zwischen den Sternen.
Arthur Korn führt Bildtelegrafie zwischen München und Nürnberg vor.
Siemens & Halske beginnen mit der Fabrikation von Tantalglühlampen.
Mac Farlane Moore entwickelt ein Beleuchtungssystem mit Hochspannungs-Gasentladungsröhren.
Die Glühlampenfabriken Julius Pintsch AG in Berlin und Joh. Kremenezky in Wien erzeugen Wolframglühlampen.

1905

G. Dalén entwickelt einen sonnenlichtgesteuerten «Gasselbstzünder» für Leuchtfeuer.
In einer grundlegenden Arbeit [1905–1] formuliert Albert Einstein die Theorie des lichtelektrischen Effektes. Einstein schreibt unter anderem: «...Monochromatische Strahlung geringer Dichte (innerhalb des Gültigkeitsbereiches der Wienschen Strahlungsformel) verhält sich in wärmetheoretischer Beziehung so, wenn sie aus voneinander unabhängigen Energiequanten von der Grösse h_v bestünde...». Später, anlässlich des 70. Geburtstages von Albert Einstein, bemerkt Max von Laue über diese Leistung:
«...Der Photoeffekt, namentlich der befremdende Lenardsche Befund, dass die Höchstgeschwindigkeit der emittierten Elektronen nur von der Frequenz, nicht von der Intensität der Strahlung abhängt, hatte manche Erklärungsansätze gezeitigt, die mit Recht vergessen sind. Einstein gab dafür, Plancks Quantenideen aufnehmend und den Begriff des Lichtquantes schaffend, eine so einfache Deutung, die zunächst nur ungläubiges Staunen erregte, sich aber je länger, je mehr als Eckstein im Gebäude der Quantenmechanik erwies...»
Die von Einstein gegebene Deutung des lichtelektrischen Effektes wird von der Fachwelt nur zögernd angenommen. Noch acht Jahre später, als Albert Einstein nach Berlin berufen werden soll, enthält eine (übrigens ansonsten positive) Eingabe der Professoren Planck, Nernst, Rubens und Warburg an das Preussische Unterrichtsministerium folgenden Satz: «...Dass er in seinen Spekulationen auch einmal über das Ziel hinausgeschossen haben mag, wie z.B. in seiner Hypothese der ‹Lichtquanten›, wird man ihm nicht allzusehr anrechnen dürfen...»

Lit.:

[1905–1] A. Einstein: Ann. Phys., *17*, 132 (1905)

1906

F. G. Hopkins entdeckt Hinweise für die Existenz von Vitaminen. W. Kaufmann weist experimentell die geschwindigkeitsbedingte Massenzunahme von Elektronen nach. In Nauen errichtet man eine Grossfunkstelle.
Im Forschungslaboratorium der Westinghouse Corporation beobachtet Anton Lederer eine günstige Wirkung von hochverdünnter Halogengasfüllung in Wolframglühlampen bezüglich der Lebensdauer [1906–1].
R. Küch und T. Retschinsky erzeugen Licht durch eine Entladung in Quecksilberdampf bei hohem Druck [1906–2]. Sie verwenden als Lampengefäss eine Quarzröhre mit zwei Quecksilberstrümpfen als Elektroden. Zum Zünden müssen sie die Röhre kippen, so dass durch das flüssige Quecksilber die Elektroden leitend miteinander verbunden werden. Durch Unterbrechen dieser Verbindung entsteht sodann ein Lichtbogen. In der Lampe baut sich ein Quecksilberdampfdruck von einigen 100000 Pa auf, wobei sich eine Lichtausbeute von etwa 50 Lumen/Watt ergibt. Damit gelingt es erstmals, mit einer Gasentladung Licht mit sehr gutem Wirkungsgrad zu erzeugen [1906–3].

Lit.:

[1906–1] A. Lederer: DRP 182976 vom 15. März 1906
[1906–2] R. Küch und T. Retschinsky: Ann. Physik, *20*, 563 (1906)
[1906–3] Philips Technische Rundschau, *18*, H. 4,128 (1956)

1908

Heike Kamerlingh Onnes verflüssigt Helium.
Siemens & Halske, Berlin, finden, dass eine Wolframlegierung mit einem geringen Prozentsatz Nickel (10%) hervorragend duktil ist und sich bei gewöhnlicher Temperatur zu den feinsten Drähten ausziehen lässt. Um nach dem Ziehprozess den Nickelzusatz zu entfernen, wird der Draht auf das Fadengestell der Glühlampe aufgewickelt und im Vakuum durch elektrischen Strom hoch erhitzt. Dieses Verfahren wird von Siemens & Halske längere Zeit hindurch zur Herstellung der sogenannten «Wotanlampen» benützt.

Chronik der Elektro-Optik 4. Teil
Chronicle of Electro-Optics Part 4

Dipl.-Ing. Dr. J. Braunbeck, Wien

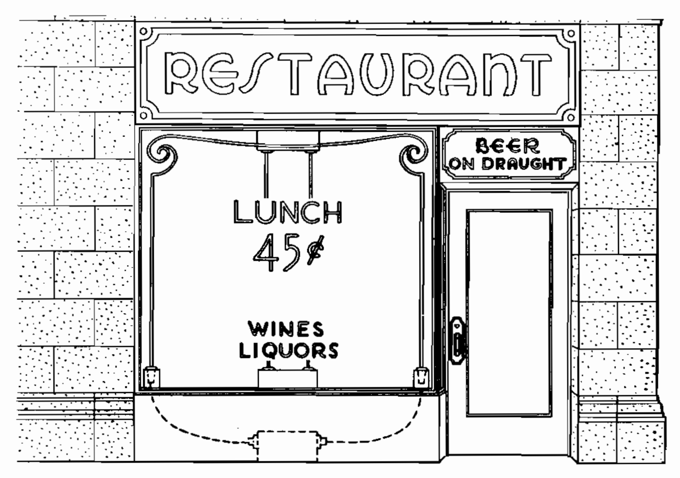


Bild 25 *Nachdem Georges Claude 1910 am Grand-Palais zu Paris die erste Neonlichtreklame installiert hatte, breitet sich die neue Lichtquelle vor allem in den USA aus. Bei dieser Entwurfskizze wurde kaum eine der sich bietenden Möglichkeiten übergangen.*

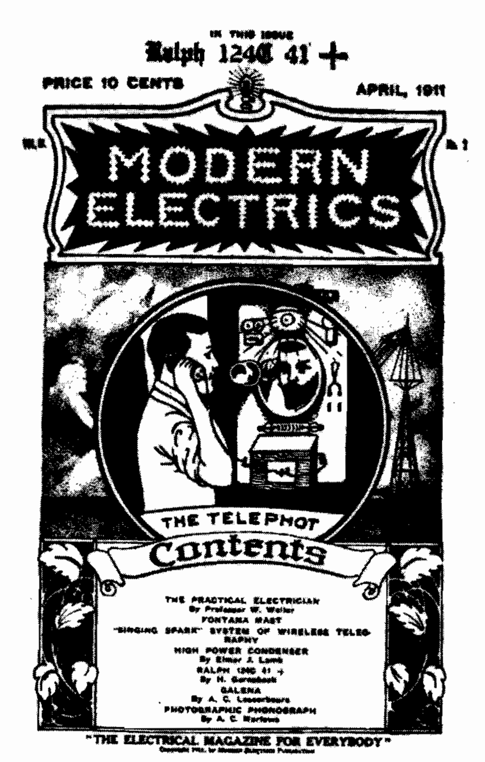


Bild 26 *Das Titelblatt der Aprilnummer 1911 von «Modern Electrics» zeigt eine Vorahnung des Fernsehtelefons.*

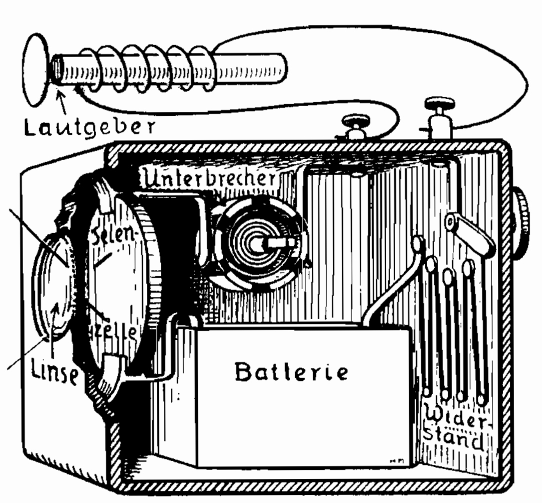


Bild 27 *Das 1912 entstandene Optophon von Fournier d'Albe setzt durch einen mechanischen Zerhacker die Ströme durch eine Selenzelle und damit Lichtintensitäten in verschieden laute Töne um. Ein Regelwiderstand gestattet die Anpassung an verschiedene Helligkeitsniveaus. Nach einigem Training können Blinde nicht nur herannahende Personen wahrnehmen, sondern auch etwa zwischen einer weissgekleideten Schwester und einem schwarzgekleideten Arzt unterscheiden.*

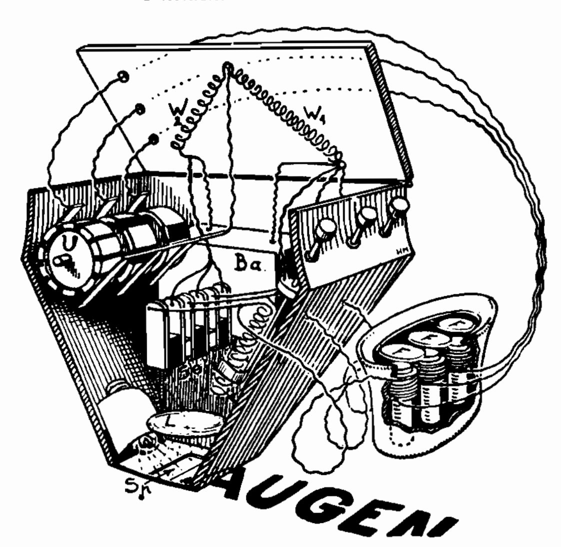


Bild 28 *F.C. Brown entwickelt das Optophon 1918 zum Kristall-Phonoptikon weiter. Statt einer einzigen Selenzelle enthält das Gerät deren drei in einer Reihe angeordnet. Durch drei mechanische Unterbrecher werden den drei Selenzellen verschieden hohe Töne zugeordnet. Beim Abtasten erzeugt jeder Buchstabe ein anderes Klangbild, mit Hilfe dessen nach intensivem Training ein Erkennen und damit das Lesen möglich sein soll.*

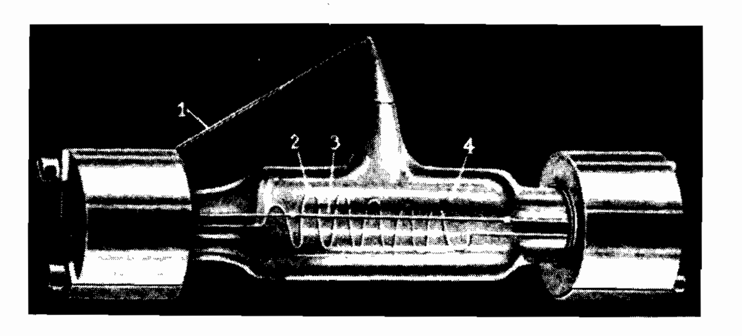


Bild 29 *Das Luminotron von Th. H. Nakken aus dem Jahre 1920 vereinigt die Funktionen einer Vakuumfotozelle und einer Verstärkerröhre. Es handelt sich dabei gewissermassen um den röhrentechnischen Vorläufer des Fototransistors. Dem Heizfaden (3) steht die aus einem zickzackförmig gebogenen Draht bestehende Anode (2) gegenüber. Das Steuergitter (4) ist auf dem Glaskolben innen aufgebracht, seine Zuleitung (1) erfolgt über eine seitliche Einschmelzung.* ▶

1910

Junkers baut ein Nurflügelflugzeug. Th. H. Morgan führt die Taufliege Drosophila Melanogaster als besonders geeignetes Versuchsobjekt in die Vererbungsforschung ein.
J. Becquerel macht das Fluoreszenzspektrum von Rubin zum Gegenstand einer eingehenden experimentellen Untersuchung [1910–1].
Georges Claude montiert die erste Neonlichtreklame am Grand-Palais in Paris.
D. Hondros und P. Debye beschäftigen sich mit dielektrischen Wellenleitern [1910–2].

Lit.:
[1910–1] J. Becquerel: Comptes Rendus Acad. Sci., *151*, 981 (1910)
[1910–2] D. Hondros und P. Debye: Ann. Physik, *32*, 465 (1910)

1911

Amundsen erreicht den Südpol. Pulfrich begründet die Geländevermessung durch fotografische Raumbilder.
Die Brüder Andersen geben das Prinzip eines Farbfernsehers an. Die Abtastung soll mechanisch mit Hilfe eines Lochbandes erfolgen. Zusätzlich erfolgt eine spektrale Abtastung, der im Empfänger eine zeitabhängige Filterung von Bogenlampenlicht entspricht [1911–1].
H. Dember baut eine Vakuumröntgenröhre, welche anstelle der sonst gebräuchlichen Glühkathode eine Fotokathode enthält. Damit umgeht er die schaltungstechnisch nicht ganz leicht zu bewerkstelligende Heizung der Glühkathode. An Stelle der Heizleitung tritt die berührungslose Beleuchtung der Kathode mit Ultraviolettlicht. So wird das Grundprinzip des Optokopplers vorweggenommen [1911 –2, 3].

Lit.:
[1911–1] Anonym: Elektrotechnische Zeitschrift, *32*, 1038 (1911)
[1911–2] H. Dember: Verhandl. d. Deutschen Phys. Ges., *13*, 601 (1911)
[1911–3] H. Dember: Zs. f. d. phys. u. chem. Unterricht, *24*, 369 (1911)

1912

G. v. Hevesy und F. Paneth verwenden radioaktive Indikatoren zur Messung der Löslichkeit von Bleisalzen. Victor F. Hess entdeckt auf Ballonfahrten die kosmische Strahlung. W. Friedrich und F. Knipping beweisen experimentell die Wellennatur der Röntgenstrahlen.
Fournier d'Albe baut das Optophon, eine elektrooptische Sehvorrichtung für Blinde. Lichtintensitäten werden in verschiedene Lautstärken eines bestimmten musikalischen Tons umgesetzt. Bei Versuchen können Blinde herannahende Personen «sehen» und zwischen einer weissgekleideten Schwester und einem schwarzgekleideten Arzt unterscheiden [1912–1, 2].

Lit.:
[1912–1] E. E. Fournier d'Albe: Phys. Zs., *13*, 942 (1912)
[1912–2] E. E. Fournier d'Albe: Proc. Roy. Soc., *86*, 454 (1912)

1913

A. Behm entwickelt ein Echolot. F. Haber und K. Bosch verwirklichen die Hochdruck-Ammoniak-Synthese.
Guthnick und Rosenberg führen die objektive lichtelektrische Methode in die astronomische Lichtmessung ein.

Die General Electric Company und die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft bringen Glühlampen nach Irving Langmuir auf den Markt. Bei diesen mildert eine Stickstoff- bzw. Argonfüllung die Zerstäubung des Wolframglühfadens. Wärmeverluste durch Konvektion in der Gasatmosphäre werden durch Wendeln des Glühfadens vermindert.
Johannes Stark beobachtet an einer Wasserstoffentladung die Aufspaltung der Spektrallinien im elektrischen Feld.
M. G. Sagnac berichtet [1913–1] über Messergebnisse an einem drehbaren, ringförmigen Interferometer. Es gelingt ihm, Drehzahlen oberhalb 120 Umdrehungen pro Minute interferometrisch zu erfassen.

Lit.:

[1913–1] M. G. Sagnach: Comptes Rendus, *157*, 708 (1913)

1916

P. Debye und P. Scherrer beobachten Röntgenstrahl-Interferenzen an Flüssigkeiten und Kristallen.
R. A. Millikan führt an Alkali-Vakuumfotozellen Gegenspannungsmessungen bei verschiedenen Wellenlängen durch. Daraus ergeben sich die zu den einzelnen Wellenlängen gehörenden Höchstgeschwindigkeiten der Fotoelektronen. Stellt man diese Messergebnisse grafisch als Funktion der Lichtfrequenz dar, so erhält man eine Gerade, die auch als Einsteinsche Gerade bezeichnet wird. Aus der Neigung der Geraden bestimmt Millikan die Plancksche Konstante h zu $6{,}62 \cdot 10^{-34}\ \mathrm{Ws}^2$. Der Ordinatenabschnitt ergibt die Austrittsarbeit des Kathodenmaterials, aus dem Abszissenabschnitt erkennt man die Grenzfrequenz bzw. die langwellige Grenze der Lichtempfindlichkeit.

Lit.:

[1916–1] R. A. Millikan: Physikalische Zeitschrift, *17*, 217 (1916)
R. A. Millikan: Physikalische Rev., *7*, 18, 355 (1916)

1917

Robert Andrews Millikan bestimmt nach der Methode der schwebenden Öltröpfchen die Elektronenladung. Der Deutsche Normenausschuss wird gegründet. Einstein und de Sitter diskutieren einen in sich gekrümmten Weltraum.
Albert Einstein veröffentlicht in der Physikalischen Zeitschrift eine Arbeit «Über die Quantentheorie der Strahlung» [1917–1]. Darin erklärt er das thermische Gleichgewicht innerhalb eines Gases mittels Absorption, spontaner Emission und stimulierter Emission von Strahlung.
Felix Ehrenhaft entdeckt die Photophorse [1917–2].

Lit.:

[1917–1] A. Einstein: Physikalische Zeitschrift, *18*, 121 (1917)
[1917–2] F. Ehrenhaft: Physikalische Zeitschrift, *18*, 352 (1917)

1918

Paul Langevin verwendet Schwingquarze zum Senden und Empfangen von Ultraschall. Zwischen New York und Washington wird ein regelmässiger Luftverkehr eingerichtet.
F. C. Brown entwickelt das Kristall-Phonoptikon, welches ähnlich wie das Optophon von Fournier d'Albe als Sehbehelf für Blinde dienen soll. Das Gerät enthält, in einer Reihe angeordnet, drei Selenzellen, denen verschiedene musikalische Töne zugeordnet sind. Überstreicht diese Anordnung Buchstaben, soll sie der Benutzer nach entsprechend langem Training am entstehenden Klangbild erkennen.

1919

E. Rutherford gelingt die erste künstliche Elementumwandlung. Krupp beginnt mit der Erzeugung von Motorrollern.
Die Julius Pintsch AG in Berlin nimmt die Fertigung von Neonglimmlampen auf. Es handelt sich um eine Entwicklung von F. Schröter. Die Elektroden bestehen aus Eisenblech, die Gasfüllung ist ein Gemisch aus Neon und Quecksilberdampf [1919–1].

Lit.:

[1919–1] F. Schröter: Elektrotechnische Zeitschrift, *40*, 186 (1919)

1920

Das Propellerflugzeug F 13 von Junkers erreicht mit vier Passagieren eine Geschwindigkeit von 175 km/h. Michelson und Pease bauen ein Interferometer auf, mit dem sie den Durchmesser des Sterns Beteigeuze zu 300 Sonnendurchmessern bestimmen können.

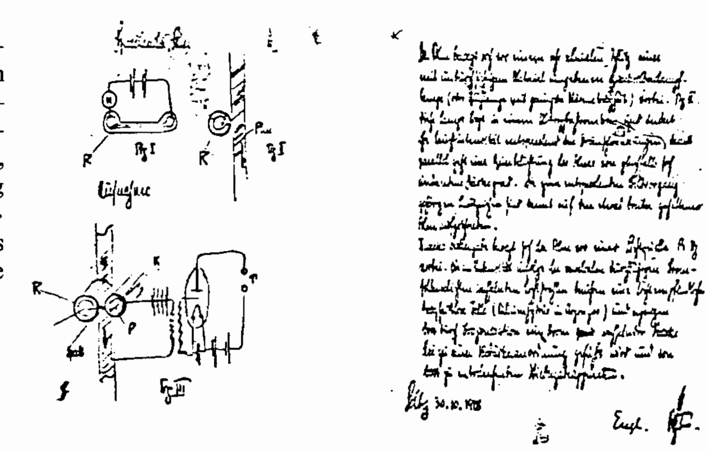
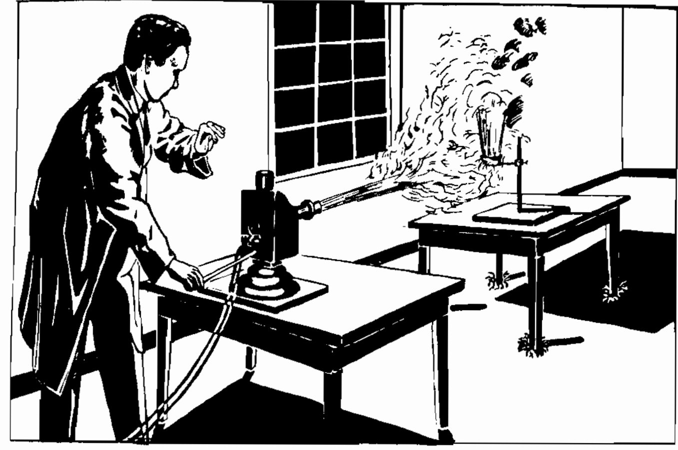


Bild 30 Zwei Seiten aus dem Labortagebuch der Tonfilmerfinder J. Engl, J. Massolle und H. Vogt.



Pulver wird durch Fernwirkung von Strahlen zur Detonation gebracht.

Bild 31 H. Grindell-Matthews tritt 1924 mit «gerichteten Strahlen» an die Öffentlichkeit. Diese sollen zum Beispiel brennbare oder explosive Substanzen in einiger Entfernung zünden können. Eine detaillierte Veröffentlichung über die Natur seiner «gerichteten Strahlen» ist nicht nachweisbar. Jedenfalls verschwinden spätestens seit diesem Zeitpunkt die «Todesstrahlen» oder «Strahlenkanonen» nie wieder völlig aus dem journalistischen Sprachschatz.

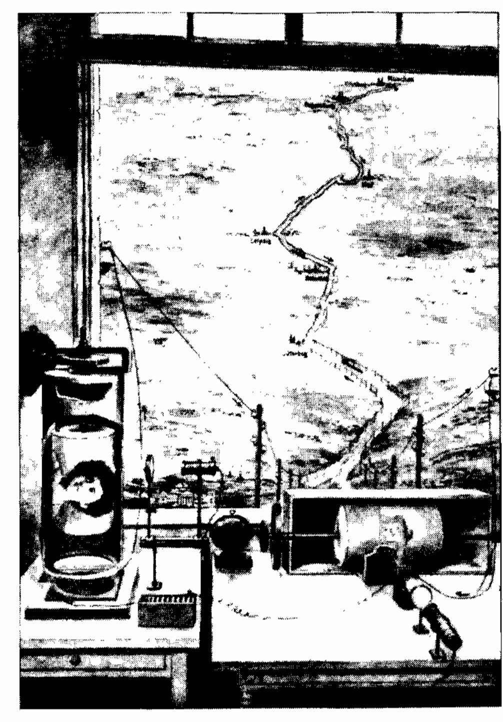


Bild 32 Bildtelegrafie nach Karolus. Bei dieser Demonstration befinden sich Sender und Empfänger in einem Raum. Das Signal wird über Fernsprechleitungen von Berlin nach München und zurück geleitet.

Th. H. Nakken kombiniert eine Verstärkerröhre mit einer im selben Vakuum befindlichen Fotozelle, gewissermassen den röhrentechnischen Vorläufer des Fototransistors. Sein Luminotron ist eine Verstärkerröhre mit Glühkathode, deren Gitter mit einer Fotokathode beschichtet ist. Bei Belichtung werden dem Gitter Elektronen entzogen. Dadurch wird es positiver und steuert den Elektronenstrom zwischen Glühkathode und Anode in Richtung höherer Stromstärke aus [1920-1].

Lit.:

[1920-1] Th. H. Nakken: DRP 371.764 vom 21. 1. 1921 mit niederländischer Priorität vom 21. 7. 1920

1923

Im Berliner Voxhaus findet die erste Sendung des deutschen Unterhaltungsrundfunks statt. A. H. Compton weist nach, dass sich die Energiequanten der Röntgenstrahlen wie korpuskulare Teilchen verhalten. J. Engl, J. Massolle und H. Vogt führen ihr Tonfilmsystem Tri-Ergon in einem abendfüllenden Programm der Öffentlichkeit vor. Zur fotografischen Aufnahme der Schallaufzeichnung dient eine niederfrequent modulierte Glimmlampe. Bei der Wiedergabe wandelt eine gasgefüllte Fotozelle die Helligkeitsschwankungen in elektrische Signale um, welche über Röhrenverstärker den Lautsprechern zugeführt werden.
August Karolus konstruiert die nach ihm benannte Zelle zur elektrooptischen Lichtmodulation, bei welcher der Kerr-Effekt, die optische Doppelbrechung im elektrischen Feld, ausgenutzt wird.

Chronik der Elektro-Optik 5. Teil
Chronicle of Electro-Optics Part 5

Dipl.-Ing. Dr. J. Braunbeck, Wien

1924

Das von A. Flettner konstruierte Rotorschiff «Buckau» läuft vom Stapel. Hubble bestimmt die Entfernung des Andromedanebels mit 1 Million Lichtjahren.
H. Grindell-Matthews, der während des Ersten Weltkrieges für die britische Regierung ein mit Lichtstrahlen arbeitendes Fernsteuersystem entwickelt hatte, wurde damals mit 25 000 Pfund belohnt. Nun tritt er mit «gerichteten Strahlen» an die Öffentlichkeit. Diese «gerichteten Strahlen» sollen zum Beispiel brennbare oder explosive Substanzen in einiger Entfernung zünden können. Da niemals eine exakte Veröffentlichung erfolgte, ist die Nachwelt ebenso wie die Zeitgenossen des Erfinders auf Vermutungen über die physikalischen Zusammenhänge angewiesen.
Seit Grindell-Matthews verschwinden jedenfalls die «Todesstrahlen» und «Strahlenkanonen» nie wieder völlig aus dem journalistischen Wortschatz.

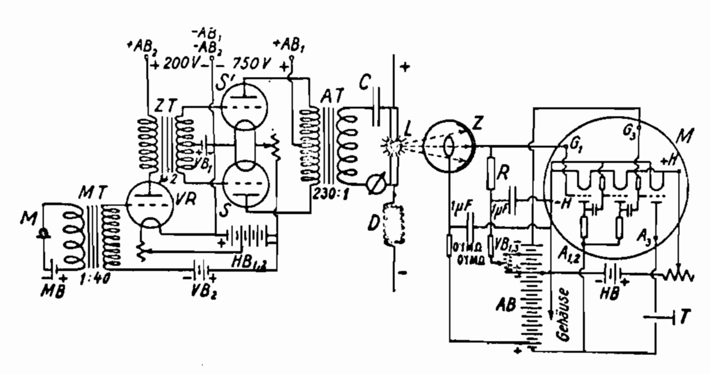
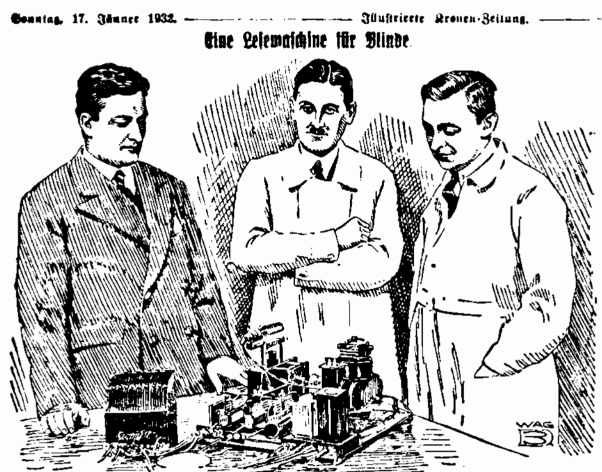


Bild 33 Sender- und Empfängerschaltbild der Lichttelefonieanlage von Karl Zickler aus dem Jahre 1928. Im Empfänger wird eine von Manfred von Ardenne entwickelte Dreifachröhre der Firma Loewe verwendet. Diese, ein röhrentechnischer Vorläufer der integrierten Halbleiterschaltkreise, enthält drei Röhren samt den für einen Niederfrequenzverstärker benötigten Koppelelementen in einem gemeinsamen Vakuumkolben.



Sonntag, 17. Jänner 1932. — Illustrierte Kronen-Zeitung.

Eine Lesemaschine für Blinde

Der Wunderapparat und sein Erfinder, der Wiener Ingenieur Gustav Tauschek (im dunkeln Anzug) mit seinen Mitarbeitern Dr. Josef Nagler, Kustos im Technischen Museum, und Ingenieur Engelbert Reingruber.
Normale Druckschrift kann durch diese Maschine mit Hilfe einer durch die Photozelle gesteuerten Tasteinrichtung in jede beliebige andere Zeichenschrift, auch in die Tastschrift der Blinden übersetzt werden.

Bild 34 Die 1929 von Gustav Tauschek zum Patent angemeldete elektrooptische Lesemaschine ist zu Beginn des Jahres 1932 so weit ausgereift, dass sie der Presse vorgestellt werden kann.

1925

Die von O. Barnack kontruierte Kleinbildkamera «Leica» kommt auf den Markt. Esau erzeugt Kurzwellen im Bereich zwischen 3 und 8 m Wellenlänge.
V. K. Zworykin meldet das Ikonoskop zum Patent an [1925–1].
A. A. Michelson und H. C. Gale gelingt mit einem ringförmigen Interferometer der optische Nachweis der Erdrotation [1925–2].

Lit.:
[1925–1] V. K. Zworykin: US Patent 1,691.324
[1925–2] A. A. Michelson und H. C. Gale: Astrophysical Journal, *61*, 140 (1925)

1926

Kodak führt den 16-mm-Schmalfilm ein. Im Schiffsbau setzt sich die von Maier angegebene Bugform durch.
Der Öffentlichkeit wird das System Telefunken-Karolus zur drahtlosen Bildtelegrafie vorgestellt [1926–1]. Die zu übermittelnde Vorlage wird im Sender mit einer ringförmigen Vakuumfotozelle abgetastet. Im Empfänger dient die elektrische Doppelbrechung in einem mit Nitrobenzol gefüllten Kondensator zur elektrooptischen Lichtmodulation.
Edmund Germer entwickelt die Leuchtstofflampe.

Lit.:
[1926–1] F. Schröter: Die Radiotechnik (Beilage zu Elektrotechnik und Maschinenbau), *3*, 61 (1926)

1927

H. J. Muller entdeckt, dass Röntgenstrahlen die Erbmasse verändern können. R. Wideroe und M. Steenbeck geben das Prinzip des Betatrons an. Auf dem Markt erscheinen die ersten netzbetriebenen Rundfunkempfänger.
Campbell und Gardiner bestimmen mit Hilfe zweier Vakuumfotozellen unterschiedlicher spektraler Empfindlichkeitsverteilungen die Farbtemperatur von Glühlampen.
P. T. Farnsworth beschreibt das Prinzip des Bildwandlers.
Anlässlich des Physikerkongresses in Como führt der italienische Physiker Majorana drahtlose Telefonie über eine Entfernung von 2 km vor. Als Sender dient eine elektrisch modulierte Quecksilberdampflampe. Der Empfänger ist aus einer Vakuumfotozelle, einem Röhrenverstärker und einem Lautsprecher zusammengesetzt.
Die erste öffentliche Bildtelegrafenverbindung wird zwischen Wien und Berlin eingerichtet.

1928

Alexander Fleming entdeckt das Antibiotikum Penicillin in einer Schimmelpilzkultur. Werner Heisenberg formuliert die Unschärferelation.
H. Kopfermann und R. Ladenburg beobachten, dass die Brechzahl von Neon in der Nähe einer Emissionslinie abnimmt, wenn in diesem Edelgas eine genügend starke elektrische Gasentladung stattfindet

[1928-1, 2, 3]. Dies ist die erste, wenn auch indirekte, experimentelle Beobachtung stimulierter Emission.

Chandrasekhara Venkataraman (in der wissenschaftlichen Welt als C. V. Raman bekannt) entdeckt den nach ihm benannten Effekt bei der Streuung von Licht einer Quecksilberdampflampe an flüssigem Benzol [1928-4].

R. Suhrmann entwickelt den ersten Fotomultiplier [1928-5].

Denes von Mihaly führt auf der Berliner Funkausstellung drahtloses Fernsehen mit Nipkowscheibe vor.

Die Polizei bedient sich des Systems Telefunken-Karolus zur drahtlosen Bildtelegrafie.

Karl Zickler nutzt konsequent alle Möglichkeiten, welche die von der aufstrebenden Radioindustrie geschaffenen Bauteile bieten, um die praktische Durchführung optischer Telefonie zu demonstrieren [1928-6]. Bei Versuchen in der Nähe von Brünn erzielt er eine Reichweite von 20 km, die auch bei trüber Atmosphäre bestehenbleibt.

Lit.:

[1928-1] R. Ladenburg und H. Kopfermann: Zs. f. phys. Chemie, Abt. A, *139*, 375 (1928)

[1928-2] R. Ladenburg: Zs. f. Physik, *48*, 15 (1928)

[1928-3] H. Kopfermann und R. Ladenburg: Zs. f. Physik, *48*, 26, 51 (1928)

[1928-4] C. V. Raman: Proc. Indian Acad. Sci., *37*, 341 (1953)

[1928-5] R. Suhrmann: DRP 656.525 vom 31. März 1928

[1928-6] K. Zickler: Elektrotechnik und Maschinenbau *46*, 769 (1928)

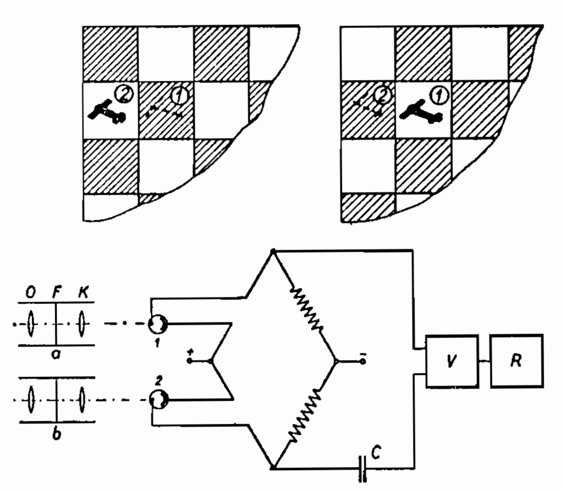


Bild 37 Das 1936 von A.S. Fitzgerald entwickelte Petoscope. Zwei Fotozellen liegen elektrisch in einer Brückenschaltung. Vor den Fotozellen befinden sich komplementäre Schachbrettfilter in der Bildebene gleichartiger Abbildungsoptiken. Bewegte Objekte, deren Bildgrösse etwa dem Schachbrettraster entspricht, erzeugen an der Brückendiagonale ein Wechselspannungssignal, während die Anordnung zum Beispiel auf Wolken nicht reagiert. Das Petoscope konnte bei einer Vorführung ein zweisitziges Sportflugzeug in 600 m Höhe melden.

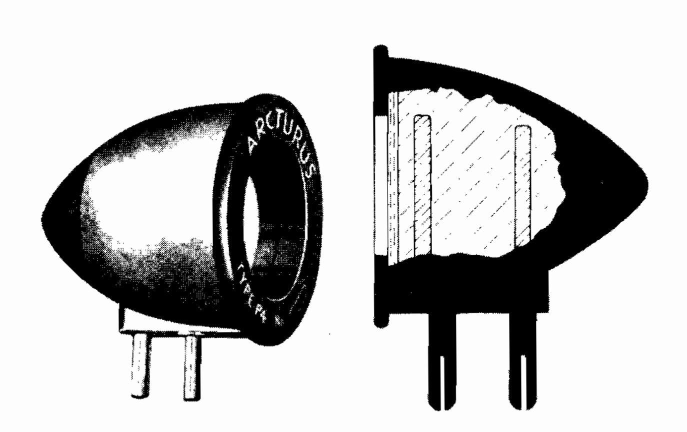


Bild 35 Die Arcturus Radio Tube Co. nutzt 1930 den Becquerel-Effekt zur Herstellung lichtempfindlicher galvanischer Elemente.

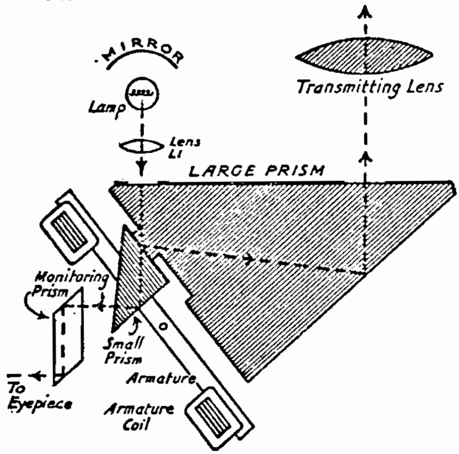


Bild 38 Britisches Lichtsprechgerät mit Modulation durch behinderte Totalreflexion aus dem Zweiten Weltkrieg. Zum Empfang dient eine hier nicht wiedergegebene gasgefüllte Fotozelle mit Kondensorlinse.

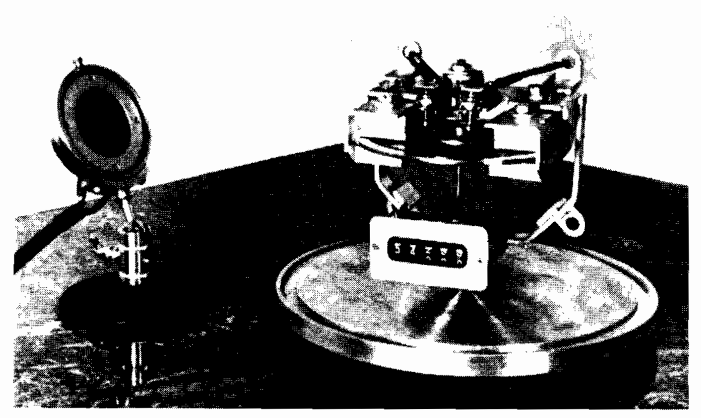


Bild 36 Auf der Physikertagung 1930 in Königsberg führt Bruno Lange eine Kupferoxydul-Sperrschichtzelle vor, welche bei Sonnenlicht genügend elektrische Energie zum Antrieb eines Zählmotors liefert.

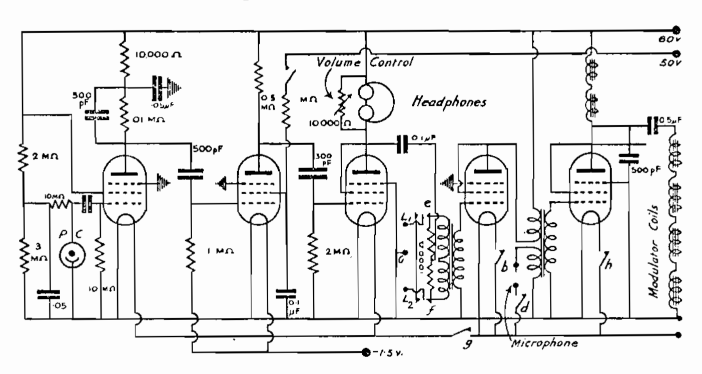


Bild 39 Elektrisches Schaltbild des in Bild 38 gezeigten britischen Lichtsprechgerätes. Die Elektronik ist nicht nur für abwechselnden Sende-Empfang ausgelegt, sondern sie ermöglicht auch die optische Weitergabe des empfangenen Signals. So können durch Relaisstationen grössere Entfernungen überbrückt werden.

(Fortsetzung folgt)

Dipl.-Ing. Dr. J. Brambeck, Wien

Chronik der Elektro-Optik 6. Teil
Chronicle of Electro-Optics Part 6

1929

W. A. Marrison entwickelt eine Quarzuhr. Das Luftschiff «Graf Zeppelin» unter Kapitän Eckener umkreist die Erde. H. Oberth verfasst «Wege zur Raumschiffahrt».

Mittels elektrooptischer Modulation durch Kerrzellen messen A. Karolus und O. Mittelstaedt die Lichtgeschwindigkeit im Laboratorium [1929-1]. Ihr Messergebnis beträgt 299 778 km/s ± 20 km/s.

J. Bergmans und J. A. M. van Liempt entwickeln die Doppelwendelglühlampe.

Gustav Tauschek meldet eine «Vorrichtung zur Steuerung von Maschinen durch strahlende Energie» zum Patent an [1929-2]. Mit dieser Lesemaschine, auch «Maschine mit Gesichtssinneffekt» genannt, beginnt die Entwicklung der heute in der Datenverarbeitung allgemein gebräuchlichen optischen Klarschriftleser (die oft verwendete Abkürzung OCR steht für Optical Character Recognition). Bei der Anordnung von Tauschek werden die zu erkennenden Zeichen auf eine rotierende Trommel projiziert, welche Negativschablonen mit Musterzeichen trägt. Die Fotozelle befindet sich innerhalb der Trommel. Als Erkennungskriterium dient das Minimum des Lichtstromes.

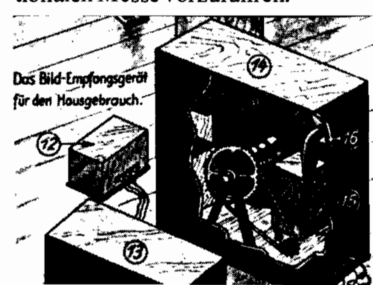
Lit.:

[1929-1] A. Karolus und O. Mittelstaedt: Elektrotechnische Zeitschrift, *50*, 1529 (1929)

[1929-2] G. Tauschek: DRP 662.417 vom 7. Mai 1929

In den USA werden bereits regelmässige Fernsehsendungen mit 30-Zeilen-Bildern veranstaltet, die mit verhältnismässig einfachen Empfangsgeräten auch in Europa aufgenommen werden können. Zum Unterschied von den heutigen Systemen fand das Fernsehen damals im Kurzwellenbereich statt.

Für den Empfängerkonstrukteur J. Sliskovic war dies Grund genug, bereits damals einen recht kompakten Fernsehempfänger mit Glimmlampe und Nipkowscheibe zu entwickeln und auf der Wiener Internationalen Messe vorzuführen.



1929 führte J. Sliskovic ein mit Glimmlampe und Nipkowscheibe arbeitendes «Bild-Empfangsgerät für den Hausgebrauch» vor.

1930

Aufgrund von Vorausberechnungen aus Störungen der Umlaufbahn des Neptun, welche Lowell durchgeführt hatte, entdeckt Clyde Tombaugh den Planeten Pluto. Ernest Lawrence baut das erste Zyklotron.

Die Arcturus Radio Tube Co., Newark, NJ, USA, nutzt den Becquerel-Effekt zur Herstellung lichtempfindlicher galvanischer Elemente. Die von H. L. Haltermann entwickelte «Arcturus Photolytic Cell» besteht aus zwei mit Kupferoxid überzogenen Elektroden in einer Natriumhydroxidlösung. Wegen der chemischen Gleichartigkeit beider Elektroden liegt die Ausgangsspannung im Dunkeln unter 0,1 V. Da die Anode Stift-, die Kathode hingegen Plattenform hat, ergibt sich bei Belichtung eine Spannung.

B. Lange und W. Schottky entwickeln die Kupferoxydul-Sperrschichtzelle [1930-1]. Wie B. Lange auf der Physikertagung in Königsberg vorführen kann, liefert eine derartige Zelle von 50 Quadratzentimeter Oberfläche bei Sonnenbestrahlung genügend elektrische Energie für den Antrieb eines kleinen Elektromotors [1930-2].

J. L. Baird baut einen Grossbildfernseher, dessen Schirm aus zahlreichen Lämpchen zusammengesetzt ist.

V. Zworykin verwendet im Westhinghouse-Forschungslaboratorium eine Kathodenstrahlröhre zum Fernsehempfang. Als Vorteile dieser Anordnung rühmt die Zeitschrift «Radio News»:

«... der mangels bewegter Teile vollkommen geräuschlose Empfang, einfache Bedienung, grosse (12,5 cm), recht lichtstarke Bilder, die ohne Vergrösserung durch Linsen im nur mässig verdunkelten Raume von mehreren Personen gleichzeitig betrachtet werden können...»

Telefunken führt Fernsehen nach dem Zwischenfilmverfahren vor. Aus einer zeitgenössischen Schilderung der neuesten Anlage:

«... Bei diesem wird ein Film von der zu sendenden Szene aufgenommen, der schnell entwickelt und fixiert und dann in bekannter Weise mittels Lochscheibe abgetastet wird. Als Empfänger dient eine Braunsche Röhre. Es werden 25 Bilder je Sekunde zu je 40000 Punkten in 180 Zeilen geliefert. Die Herstellung des Films ist schon so beschleunigt, dass ein mit dem Fernsehauto der Deutschen Reichspost aufgenommener Film schon nach 10 s übertragen werden kann; zur Filmersparnis wird eine etwa 70 m lange geschlossene Filmschleife verwendet; die übertragenen Stellen werden immer abgewaschen und, mit einer neuen lichtempfindlichen Schicht versehen, wieder vor die Aufnahmelinse gezogen...»

Lit.:

[1930-1] B. Lange und W. Schottky: Naturwissenschaften, *19*, 103 (1931)

[1930-2] B. Lange und W. Schottky: Physikalische Zeitschrift, *31*, 139, 964 (1930)

1931

G. Joos wiederholt den Michelson-Versuch und bestätigt die von der Speziellen Relativitätstheorie behauptete Konstanz der Lichtgeschwindigkeit. Auf dem Jungfraujoch wird in 3500 m Höhe eine Forschungsstation eröffnet.

Boris Rajewsky kombiniert ein Geiger-Müller-Zählrohr mit einer Vakuumfotozelle [1931-1]. Die Anordnung spricht auf einzelne Fotoelektronen an [1931-2].

Maria Goeppert-Mayer, Studentin an der Universität Göttingen, bringt in ihrer Dissertation die theoretische Vorhersage von Mehrphotonenabsorptionsvorgängen, die man erst dreissig Jahre später experimentell nachweisen kann [1931-3].

Lit.:

[1931-1] B. Rajewsky: Physikalische Zeitschrift, *32*, 321 (1931)

[1931-2] B. Rajewsky: Annalen der Physik, *20*, 13 (1934)

[1931-3] M. Goeppert-Mayer, Annalen der Physik, *9*, 273 (1931)

1934

Irène Curie und Frédéric Joliot entdecken die künstliche Radioaktivität. Enrico Fermi führt das Neutrino in die Kernphysik ein. Tadeus Reichstein gelingt die Synthese von Vitamin C.

P. T. Farnsworth entwickelt die Sondenröhre, welche erstmals Fernsehreportagen ermöglicht [1934-1].

Lit.:

[1934-1] P. T. Farnsworth: J. Franklin Inst., *218*, 411 (1934)

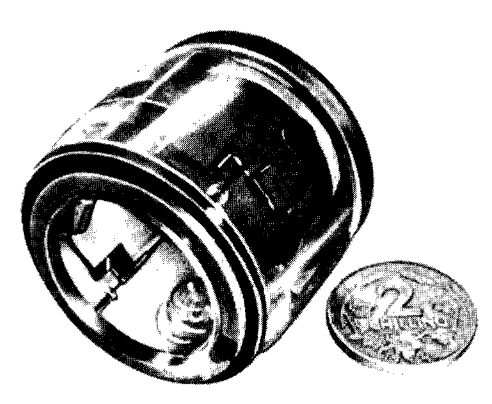
1936

Konrad Zuse entwickelt einen Relaiscomputer. T. Casparsson gelingt der mikrospektroskopische Nachweis von Nukleinsäuren im Zellkern. R. Rompe und W. Thuret entwickeln eine Quecksilberdampf-Höchstdrucklampe.
H.G. Lubczynski und S. Rodda entwickeln das Superikonoskop [1936-1].
G. Destriau entdeckt, dass eine Suspension lumineszierender Partikeln in einem Isolator beim Anlegen eines elektrischen Feldes zu leuchten beginnt [1936-2, 3].
A.S. Fitzgerald baut das Petoscope, eine auf bewegte Objekte reagierende Fotozellenanordnung. Bei Versuchen spricht der Prototyp auf ein zweisitziges Sportflugzeug in 600 m Höhe an [1936-4].

Lit.:
[1936-1] H.G. Lubczynski u. S. Rodda: Brit. Pat. 442666
[1936-2] G. Destriau: Journ. chem. Phys., *33*, 620 (1936)
[1936-3] G. Destriau: Journ. chem. Phys., *34*, 117 (1937)
[1936-4] W. Oburger: Radio-Amateur, *13*, 637 (1936)

1937

M. Blau und H. Wambacher benutzen fotografische Platten zur Erforschung der kosmischen Strahlung. Das Luftschiff LZ 129 wird bei der Landung in Lakehurst durch Brand zerstört.
H.E. Edgerton, J.K. Germeshausen und H.E. Grier machen von den bereits umfangreichen Kenntnissen über die Physik der Gasentladung Gebrauch und treiben die Entwicklung der Elektronenblitzlampen energisch voran [1937-1]. Sie bringen eine Anzahl von Blitzlichtlampen für fotografische Zwecke auf den Markt.



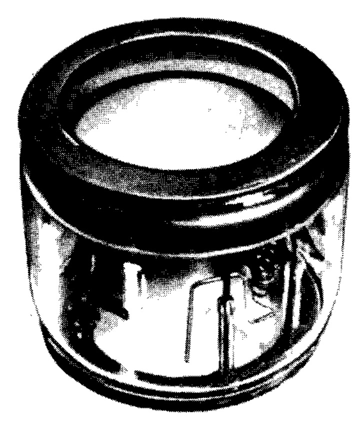


Bild 40a und Bild 40b Die ab 1942 von der britischen Firma Electric Musical Industries gefertigte Infrarot-Bildwandlerdiode CV 144 enthält eine plane Fotokathode, der ein ebenso planer Fluoreszenzschirm aus Willemit gegenübersteht. Wird eine Beschleunigungsspannung von 3 bis 7 kV angelegt, erzeugt ein auf die Fotokathode projiziertes Infrarotbild ein entsprechendes grünleuchtendes Schirmbild auf dem Willemitschirm. Das Auflösungsvermögen wird mit etwa 150 Linien/cm angegeben.

Lit.:
[1937-1] H.E. Edgerton, J.K. Germeshausen und H.E. Grier: J. Appl. Phys., *8*, 2, 1937

1939

Lise Meitner und O.R. Frisch erklären die von Hahn und Strassmann gefundene Urankernspaltung. Paul Müller gelingt die Synthese von DDT.
Mit dem Beginn des Zweiten Weltkriegs werden auf beiden Seiten Lichtsprechgeräte eingesetzt. Die Modulation erfolgt bei diesen Geräten optisch-mechanisch mittels behinderter Totalreflexion.

1942

J. Prosper Eckert und John W. Mauchly entwickeln den Computer ENIAC, welcher 18000 Radioröhren und 1500 Relais enthält. Enrico Fermi nimmt am 2. Dezember um 15.30 Uhr den ersten von Menschenhand geschaffenen Kernreaktor in Betrieb.
B. Gudden und Mitarbeiter entwickeln ultrarotempfindliche Fotowiderstände aus Bleisulfid.
Die britische Firma Electric Musical Industries beginnt mit der Fabrikation der Infrarot-Bildwandlerdiode CV 144.

1946

Felix Bloch und Edward Mills Purcell entdecken die magnetische Kernresonanz (nuclear magnetic resonance, NMR). Das erste Radarecho vom Mond wird beobachtet.
Marietta Blau und B. Dreyfuss verwenden den Fotomultiplier in Verbindung mit einer geeigneten Leuchtsubstanz (z.B. Naphthalin) als Szintillationszähler zur Messung ionisierender Strahlungen [1946-1].

Lit.:
[1946-1] M. Blau und B. Dreyfuss: Rev. Sci. Instr., *16*, 245 (1946)

1947

Thor Heyerdahl segelt mit dem Floss «Kon-Tiki» in 101 Tagen von Südamerika nach Polynesien, um die Möglichkeit vorgeschichtlicher Wanderungen zu beweisen. Arens und van Dorp gelingt die Synthese des Vitamins A. Die ersten UFO-Beobachtungen werden gemeldet.
Auf dem Markt erscheinen tragbare Elektronenblitzgeräte für fotografische Zwecke. Die Betriebsspannung beträgt einige Kilovolt, die Lichtausbeute liegt bei 30 Lumensekunden je Joule.

1948

J. Bardeen und W.H. Brattain entwickeln den Transistor. John W. Tuckey definiert das Bit als Einheit der Information. P. Kirkpatrick und A.V. Baez bauen ein Röntgenmikroskop.
Dennis Gabor stellt die ersten Hologramme her. Als Lichtquelle verwendet er eine Hochdruck-Quecksilberdampflampe, bei der eine einzige Spektrallinie ausgefiltet wird. Die so erzielte zeitliche Kohärenz reicht zur Erzeugung von etwa 200 Interferenzstreifen. Um die Strahlung auch räumlich kohärent zu machen, wird eine Apertur von 0,003 mm Durchmesser vorgesetzt.
Wegen der geringen Kohärenzlänge von 0,1 mm muss die Versuchsanordnung sehr klein sein. Die Objekte sind Mikrofilmausschnitte von 1 mm Durchmesser. Die Hologramme haben das Format 10 × 10 mm.

Lit.:
[1948-1] D. Gabor: Proc. Roy. Soc. Lond. A, *197*, 454 (1949)

Chronik der Elektro-Optik 7. Teil
Chronicle of Electro-Optics Part 7

Dipl.-Ing. Dr. J. Braunbeck, Wien

1949

Williard F. Libby entwickelt die Kohlenstoff-14-Methode zur physikalischen Altersbestimmung. Ein Flugzeug der US Air-Force benötigt zur Erdumkreisung 94 Stunden. In Deutschland schätzt man, dass sich der Energieverbrauch innerhalb von 10 Jahren verdopple.
J. Fassbender stellt Fotowiderstände aus Kadmiumsulfid her [1949–1].
B. Billings entwickelt einen elektrooptischen Lichtmodulator mit einem ADP-Kristall. Die Abkürzung ADP steht für Ammoniumdihydrogenphosphat [1949–2].

Lit.:

[1949–1] J. Fassbender: Ann. Phys. (6), *5*, 33 (1949)
[1949–2] B. Billing: J. Opt. Soc. Am., 39, 802 (1949)

1950

Albert Einstein veröffentlicht die allgemeine Feldtheorie. E. W. Müller macht mit dem zehnmillionenfach vergrössernden Feldelektronenmikroskop einzelne Atome und Moleküle sichtbar. Auf der Weltraumflugtagung in Paris sagt man voraus, dass der Mond noch im 20. Jahrhundert erreicht wird.
P. K. Weimer, S. V. Forgue und R. Goodrich entwickeln das Vidicon und verkleinern damit drastisch die Abmessungen der Fernsehkameras [1950–1].
Alfred Kastler schlägt vor, paramagnetische Atome in ihrem Grundzustand auszurichten, indem man sie mit zirkular polarisierter optischer Resonanzstrahlung belichtet [1950–2].

Lit.:

[1950–1] P. K. Weimer, S. V. Forgue und R. Goodrich: Electronics, *23*, 70 (1950)
[1950–2] A. Kastler: J. Phys. Rad., *11*, 255 (1950)

1951

J. C. P. Miller und D. J. Wheeler bestimmen die bis zu diesem Zeitpunkt grösste Primzahl. Sie hat 81 Stellen.
V. A. Fabrikant reicht gemeinsam mit seinen Studenten eine Patentanmeldung über «Eine Methode für die Verstärkung elektromagnetischer Strahlung» ein, in der er das Funktionsprinzip von Maser und Laser theoretisch vorwegnimmt. Die Anmeldung wird erst 1959 veröffentlicht.

1952

C. A. Muller, J. H. Oort und van de Hulst weisen mit Hilfe radioastronomischer Methoden nach, dass unsere Milchstrasse ein Spiralnebel ist.
Im Rahmen der aufblühenden Halbleitertechnologie werden die ersten kommerziellen Germanium-Fotodioden hergestellt [1952–1].

Lit.:

[1952–1] R. F. Shea: Proc. IRE, *40*, 1358 (1952)

1953

Auf dem IV. Astronautischen Kongress in Zürich bringt S. F. Singer konkrete Vorschläge für unbemannte Erdsatelliten.
Joseph Weber von der University of Maryland schreibt eine theoretische Abhandlung [1953–1), welche die Grundlagen für das Maserprinzip enthält.

Lit.:

[1953–1] J. Weber: IRE Trans. Prof. Group on Electron Devices, *3* (June 1953)

1954

In der UdSSR wird das erste Kernkraftwerk in Betrieb genommen. Eine Rakete der USA erreicht 250 km Höhe.
Es gelingt, mit elektrotechnischen Mitteln Ultrakurzwellen von 0,77 mm Wellenlänge zu erzeugen. Damit ist man in jenen Spektralbereich eingedrungen, der bereits zum Infrarotspektrum von Glühstrahlern gehört.
N. G. Basov und A. M. Prokhorov schlagen vor, invertierte Populationen zur Mikrowellenverstärkung heranzuziehen [1954–1].
H. H. Hopkins und Narinder S. Kapany vom Imperial College in London [1954–2] veröffentlichen gleichzeitig mit dem Niederländer A. C. S. van Heel [1954–3] Arbeiten über abbildende Lichtleiterbündel.
Die Halbleiterindustrie stellt ein reichhaltiges Angebot an Fototransistoren zur Verfügung.

Lit.:

[1954–1] N. G. Basov und A. M. Prokhorov: J. Exptl. Theoret. Phys. (USSR), *27*, 431 (1954)
[1954–2] H. H. Hopkins und N. S. Kapany: Nature, *173*, 39 (1954)
[1954–3] A. C. S. van Heel, Nature, *173*, 39 (1954)

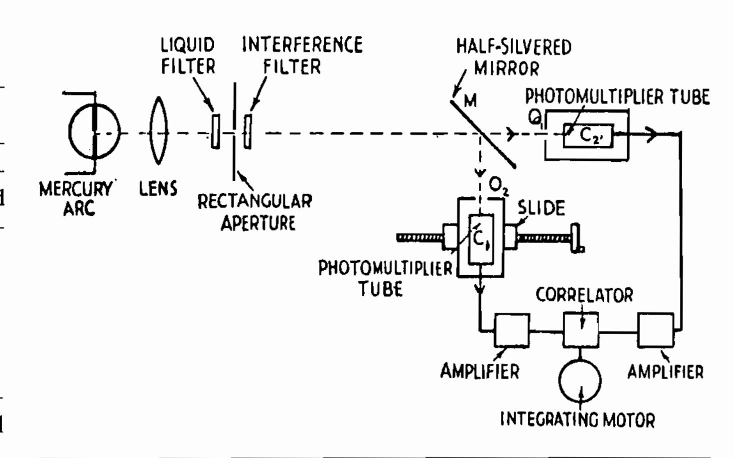


Bild 41 R. Hanbury Brown und R.Q. Twiss begründen 1956 die Interferometrie durch Beobachtung von Photonenkoinzidenzen. Hier die Darstellung Ihrer Versuchsanordnung aus der Erstveröffentlichung in der Zeitschrift «Nature».

1955

Ein Grossversuch zur Kinderlähmungs-Schutzimpfung nach Jonas E. Salk verläuft in den USA erfolgreich. Auf der Nobelpreisträgertagung in Lindau setzt sich Werner Heisenberg für die Errichtung eines Kernreaktor-Instituts ein. Als Ort wird Karlsruhe vorgesehen.
Bei der Zeitschrift «Reader's Digest» wird ein elektrooptischer Leser für Druckschrift installiert. Es handelt sich um eine Entwicklung der Intelligent Machines Research Company.
J. P. Gordon, C. H. Townes und H. J. Zeiger bringen einen Ammoniakmaser zum Schwingen. Die Schwingungsfrequenz liegt bei 24 GHz [1955–1].

Lit.:

[1955–1] J. P. Gordon, C. H. Townes und H. J. Zeiger: Phys. Rev., *99*, 1264 (1955)

1956

Der Vertrag über die friedliche Nutzung der Atomenergie wird von 82 Staaten unterzeichnet. Das erste Telefonkabel zwischen den USA und Europa wird in Betrieb genommen.
R. Hanbury Brown und R. Q. Twiss begründen die Interferrometrie durch Beobachtung von Photonenkoinzidenzen. Im Anschluss an Laborversuche gelingt es ihnen, mit ihrer Anordnung den Durchmesser des Sirius zu messen. Da dieser aus anderen Messungen bereits bekannt ist, ergibt sich aus ihrem Messergebnis ein Beweis für die praktische Brauchbarkeit des Photonenkoinzidenzprinzips [1956–1].

Lit.:

[1956–1] R. Hanbury Brown und R. Q. Twiss: Nature, *177*, 28 (1956)

1958

Van Allen entdeckt den nach ihm benannten, die Erde umgebenden Strahlungsgürtel. Rudolf Mössbauer entdeckt die rückstossfreie Kernresonanzabsorption von Gammastrahlen in Kristallen.
A. L. Schawlow und C. H. Townes veröffentlichen eine theoretische Arbeit [1958–1] über die Möglichkeit, das Maserprinzip im optischen Spektralbereich und bei benachbarten Frequenzen zu verwirklichen.
R. H. Dicke schlägt offene Resonatoren vor [1958–2]. Diese sollten aus einem Paar gegenüberstehender ebener oder gewölbter Reflektoren bestehen.
S. Sugano und Y. Tanabe berechnen [1958–3] die Energieniveaus im Rubin.
Durch Kombination von Neonglimmröhren mit Kadmiumsulfid-Fotowiderständen schafft man elektronische Schaltelemente mit für damalige Verhältnisse hoher Gleichstromverstärkung und elektrischer Isolation zwischen Ein- und Ausgangsklemmen. Diese Vorläufer des Optokopplers dienen zur phasenabhängigen Gleichrichtung von Signalen und als Oszillatoren.

Lit.:

[1958–1] A. L. Schawlow und C. H. Townes: Phys. Rev., 112, 1940 (1958)
[1958–2] R. H. Dicke: US Patent 2,851.652 vom 9. 9. 1958
[1958–3] S. Sugano und Y. Tanabe: J. Phys. Soc. Japan, *13*, 880 (1958)

1960

Der passive Ballon-Nachrichtensatellit «Echo I» ist mit blossem Auge zu beobachten. Von Bord einer Forschungsrakete aus wird in 200 km Höhe ein Röntgen-Lochkamerabild der Sonne aufgenommen.
Das U. S. Post Office Department lässt einen elektrooptischen Adressenleser zur automatischen Briefsortierung entwickeln [1960–1].
Am 22. April langt bei den Physical Review Letters eine Arbeit von Theodore H. Maiman [1960–2] ein, in welcher er die Ergebnisse spektroskopischer Untersuchungen über die Fluoreszenz von Rubin darlegt.
Am 7. Juli gibt Theodore H. Maiman im Hotel Delmonico, New York, N. Y., eine Pressekonferenz. Bei dieser gibt er bekannt, dass es ihm gelungen ist, einen Rubinlaser zum Schwingen zu bringen.
Am 6. August veröffentlicht Maiman seine Versuchsergebnisse in der britischen Zeitschrift «Nature» [1960–3], etwas später auch in «British Communications and Electronics» [1960–4].
Am 31. Dezember bringen Ali Javan, William R. Bennett und Donald R. Herriott einen Helium-Neon-Gaslaser zu kontinuierlichen Schwingungen bei einer Wellenlänge von 1152,3 nm [1960–5].
Zu Ende des Jahres 1960 gibt es demnach zwei Lasertypen:
einen Impulslaser im sichtbaren und einen Dauerstrichlaser im infraroten Spektralbereich.

Lit.:

[1960–1] Industrial Research, *2*, 5/72 (1960)
[1960–2] T. H. Maiman: Phys. Rev. Letters, *4*, 564 (1960)
[1960–3] T. H. Maiman: Nature, *187*, 493 (1960)
[1960–4] T. H. Maiman: Brit. Comm. and Electronics, *7*, 674 (1960)
[1960–5] A. Javan, W. R. Bennett und D. R. Herriott: Phys. Rev. Letters, *6*, 106 (1961)

1961

Am 12. April umkreist Juri Gagarin die Erde im Raumschiff «Wostok I». In den USA beginnt der Stereorundfunk. In Kahl am Main wird ein experimentelles Kernkraftwerk errichtet.
R. W. Hellwarth und F. J. McClung verwirklichen den «Giant Pulse Laser». Es handelt sich dabei um einen Rubinlaser mit externen Spiegeln, zwischen denen sich ausser dem Rubinstab noch ein Kerr-Zellen-Verschluss befindet. Der Verschluss verhindert das Schwingen des Lasers so lange, bis die Blitzlampe im Rubin ein Maximum an Energie gespeichert hat. Da durch den geschlossenen Verschluss die Güte (gebräuchliches Formelzeichen *Q*) des Resonators während des optischen Pumpens herabgesetzt wird, bezeichnet man dieses Arbeitsprinzip auch als «*Q*-spoiling». Wird der Verschluss im richtigen Augenblick freigegeben, sendet der Laser einen einzigen Lichtimpuls hoher Intensität aus [1961–1]. Auf diese Weise erzeugt man erstmals Lichtimpulse im Megawattbereich, deren Dauer etwa 10^{-8} Sekunden beträgt. Man spricht deshalb auch vom «Giant Pulse Laser».
P. A. Franken, A. E. Hill, C. W. Peters und G. Weinreich fokussieren das intensive Licht eines Rubin-Giant-Pulse-Lasers, dessen Wellenlänge 694,3 nm beträgt, auf Quarz. Es gelingt ihnen, die Oberwelle mit einer Wellenlänge von 347,2 nm nachzuweisen [1961–2]. Damit begründen sie die nichtlineare Optik.
W. Kaiser und C. G. B. Garrett beobachten die 1931 von Maria Goeppert-Mayer theoretisch vorhergesagte Zweiphotonenabsorption. Sie können Fluoreszenzlicht nachweisen, dessen Wellenlänge geringer ist als jene des erregenden Lichtes, was der Stokeschen Regel widerspricht. Bestrahlen sie einen Kristall aus CaF_2:Eu^{2+} mit dem Licht

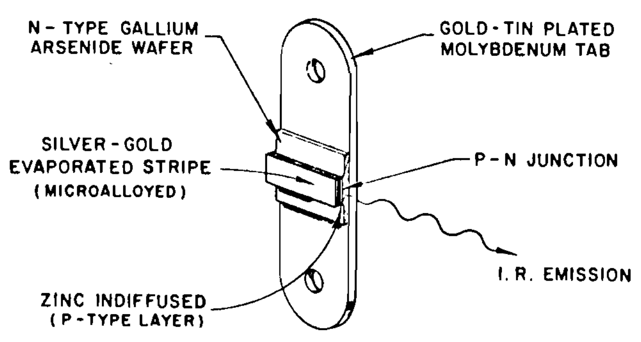


Bild 42 Eine frühe Ausführungsform des 1962 von drei Forschergruppen nahezu gleichzeitig entdeckten Halbleiterlasers.

eines Rubinlasers, dessen Wellenlänge 694,3 nm beträgt, erzeugen sie Fluoreszenzlicht mit einer Wellenlänge von 425 nm. [1961–3].
L.F. Johnson und K. Nassau entdecken den Neodymlaser. Ihre Anordnung arbeitet mit Neodymionen, welche in ein Kalziumwolframatgitter eingelagert sind [1961–4]. Die Wellenlänge der ausgesandten Laserstrahlung beträgt 1060 nm.

Lit.:

[1961–1] F.J. McClung und R.W. Hellwarth: Bull. Am Phys. Soc., *6*, 414 (1961)
[1961–2] P.A. Franken, A.E. Hill, C.W. Peters und G. Weinreich: Phys. Rev. Letters, *7*, 118 (1961)
[1961–3] W. Kaiser und C.G.B. Garrett: Phys. Rev., *7*, 229 (1961)
[1961–4] L.F. Johnson und K. Nassau: Proc. IRE, *49*, 1704 (1961)

1962

In Karlsruhe erreicht der Forschungsreaktor FR2 seine volle Leistung von 12 MW. In Green Bank wird ein Radioteleskop mit 92 m Durchmesser in Betrieb genommen. Der Satellit «Telstar» ermöglicht erstmals direkte Fernsehübertragungen zwischen Europa und den USA.
Bei General Electric, IBM und am MIT gelingt es drei voneinander unabhängigen Forschergruppen nahezu gleichzeitig, an PN-Übergängen in Galliumarsenid Laserschwingungen nachzuweisen [1962–1, 2, 3].
H. Kogelnik und W.W. Rigrod isolieren einzelne Schwingungsmoden eines optischen Resonators und machen sie sichtbar [1962–4].
Bei der Anwendung des Rubinlasers als fotografische Lichtquelle wird das Speckle-Phänomen wiederentdeckt [1962–5].
A.D. White und J.D. Ridgen entwickeln den ersten im sichtbaren Spektralgebiet kontinuierlich arbeitenden Laser [1962–6].
Der mit einer Wellenlänge von 633 nm strahlende Helium-Neon-Laser bleibt in den folgenden zwei Jahrzehnten der am weitesten verbreitete Lasertyp.
R.W. Terhune und seine Mitarbeiter entdecken die induzierte Raman-Streuung [1962–7].
B.J. McMurtry und A.E. Siegman beschreiben eine Fotozelle nach dem Wanderwellenprinzip, deren geringe Ansprechzeit sie für mikrowellenmoduliertes Laserlicht geeignet macht [1962–8].

Lit.:

[1962–1] R.N. Hall, G.E. Fenner, J.D. Kingsley, T.J. Soltys und R.O. Carlson: Phys. Rev. Letters, *9*, 366 (1962)
[1962–2] M.I. Nathan, W.P. Dumke, G. Burns, F.D. Hill und G.J. Lasher: Appl. Phys. Letters, *1*, 62 (1962)
[1962–3] T.M. Quist, R.H. Rediker, R.J. Keyes, W.E. Krag, B. Lax, A.L. McWhorter und H.J. Zeiger: Appl. Phys. Letters, *1*, 91 (1962)
[1962–4] H. Kogelnik und W.W. Rigrod: Proc. IRE, *50*, 220 (1962)
[1962–5] J. Braunbeck: Naturwissenschaften, *49*, 389 (1962)
[1962–6] A.D. White und J.D. Rigden: Proc. IRE, *50*, 1697 (1962)
[1962–7] R.W. Terhune, P.D. Maker, M. Nisenoff und C.M. Savage: Phys. Rev. Letters, *8*, 21 (1962)
[1962–8] B.J. McMurtry und A.E. Siegman: Appl. Optics, *1*, 51 (1962)

1963

Mit dem Planeten Merkur wird Radarkontakt aufgenommen. Das Zweite Deutsche Fernsehen beginnt mit dem Sendebetrieb.
E.N. Leith und J. Upatnieks verwenden den Laser als Lichtquelle für die Aufnahme und Wiedergabe von Hologrammen [1963–1].
W.E. Bell baut den ersten Ionenlaser. Als aktives Medium dient eine Mischung aus Helium und Quecksilberdampf. Der neue Laser emittiert 40-Watt-Impulse bei der sichtbaren Wellenlänge 567,8 nm [1963–2].
In der Schweiz, am Sarnersee, beschäftigen geheimnisvolle Experimente mit intensiven Lichtbündeln die Massenmedien. Man spricht wieder einmal von Todesstrahlen…
Auf der Photokina stellt die Firma Canon ihre «AF-Camera» mit automatischer elektrooptischer Scharfeinstellung aus.

W.M. Macek und Mitarbeiter weisen mit einem drehbaren Ringlaser Rotationen von 5°/Minute interferrometrisch nach [1963–3]. Die genannten Forscher sagen eine theoretische Untergrenze von $2{,}5 \times 10^{-4}$ °/Stunde für die nachweisbare Rotationsgeschwindigkeit voraus.
N.G. Basov und O.N. Krokhin weisen darauf hin, dass die mit dem Laser mögliche Konzentration von Energie in kleinen Volumina zu thermonuklearen Reaktionen führen kann [1963–4].
Mit einem Rubin-Riesenimpulslaser von 5,4 MW Spitzenleistung beschleunigt William I. Linlor Kohlenstoff- und Metallionen auf 1000 eV [1963–5].

Lit.:

[1963–1] E.N. Leith und J. Upatnieks: J. Opt. Soc. America, *53*, 1377 (1963)
[1963–2] W.E. Bell: Appl. Phys. Letters, *4*, 34 (1964)
[1963–3] W.M. Macek, D.T.M. Davis, Jr., R.W. Olthuis, J.R. Schneider und G.R. White: Proc. Symp. on Optical Masers, Polytechnic Institute of Brooklyn, p. 199 (1963)
[1963–4] N.G. Basov und O.N. Krokhin: 3rd Quantum Electronics Conference, Paris, Febr. 1963, Vol. 2, p 1373 (Dunod, Paris 1964)
[1963–5] W.I. Linlor: Appl. Phys. Letters, *3*, 210 (1963)

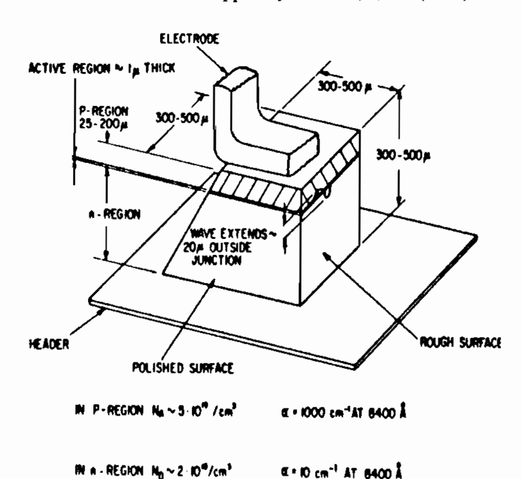


Bild 43 Eine andere Variante des Halbleiterlasers aus dem Jahre 1962.

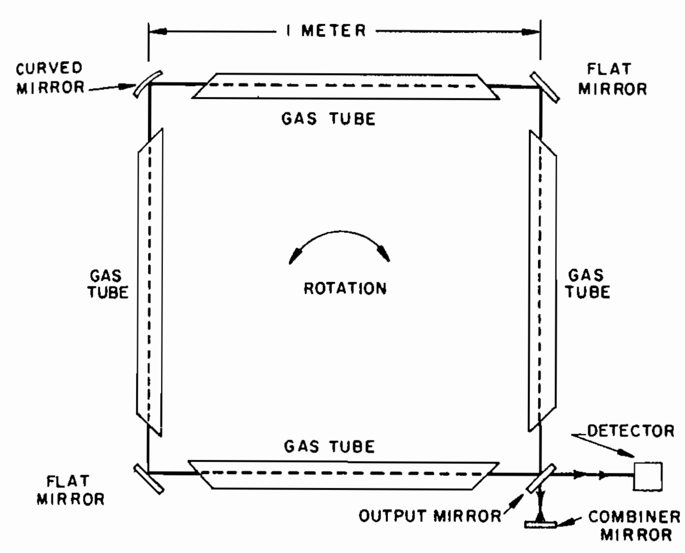


Bild 45 Mit diesem drehbaren Ringlaser gelingt einer Forschergruppe um W. M. Macek 1963 der interferometrische Nachweis von langsamen Rotationsbewegungen. Die zu jenem Zeitpunkt kleinste nachweisbare Rotationsgeschwindigkeit liegt etwa bei 5°/Minute.

1964

Am Grossen St. Bernhard wird ein Autotunnel eröffnet. Die Deutsche Bundespost nimmt eine Bodenfunkstelle für die Nachrichtenübermittlung durch Satelliten in Betrieb. Der Raumflugkörper Ranger 7 sendet vor dem Aufschlag auf der Mondoberfläche über 4000 Fernsehbilder zur Erde.
W. B. Bridges entdeckt Laserschwingungen in einfach ionisiertem Argon. Wegen der hohen Ausgangsleistung im Dauerstrichbetrieb und weil die möglichen Frequenzen den verhältnismässig weiten Spektralbereich von 450 bis 520 nm umspannen, erlangt dieser Lasertyp bald grosse praktische Bedeutung [1964–1]. Die wichtigste Schwingungsfrequenz liegt bei 488 nm.
Mit einem Helium-Neon-Laser nutzen Yeh und Cummins den optischen Doppler-Effekt zum Messen von Strömungsgeschwindigkeiten [1964–2]. Damit begründen sie die Laser-Doppler-Anemometrie.
C. K. N. Patel entwickelt den Kohlendioxidlaser [1964–3]. Dieser Laser, der mit einem Gemisch aus Stickstoff und Kohlendioxid arbeitet, zeichnet sich durch hohen Wirkungsgrad und Dauerstrichleistungen im Kilowattbereich aus. Die intensivste Laserlinie liegt im sogenannten «Steinsalzbereich» des Infrarotspektrums – bei 10571,6 nm.
Die US Business Equipment Manufacturers Association (BEMA) entwickelt in Zusammenarbeit mit der European Computer Manufacturers Association (ECMA) eine Normschrift für die automatische elektrooptische Schriftzeichenerkennung.
Die stark stilisierten Zeichenformen dieser in das internationale Normenwerk aufgenommenen [1964–4] Schriftart, welche auch als «OCR-A» bekannt ist, ermöglichen den Einsatz verhältnismässig grober Abtastraster.

Lit.:

[1964–1] W. B. Bridges: Appl. Phys. Letters, *4*, 128 (1964)
[1964–2] Y. Yeh und H. Z. Cummins: Appl. Phys. Letters, *4*, 176 (1964)
[1964–3] C. K. N. Patel: Phys. Rev., *136*, 1187 (1964)
[1964–4] Deutscher Normenausschuss: Normblatt DIN 66008

1965

Penzias und Wilson entdecken eine Mikrowellenkomponente der kosmischen Strahlung. H. Kusch entwickelt ein elektronisches Gerät zur Erkennung gesprochener Zahlen.
Um elektrische Signale potentialfrei zu übertragen, verwendet E. L. Bonin eine infrarot emittierende Galliumarseniddiode und eine elektrisch von dieser isolierten, aber optisch angekoppelte Silizium-Fotodiode. Die Anordnung wird wenig später unter der Bezeichnung Optokoppler ein Standardbauelement der Elektronik [1965–1].
D. B. Anderson setzt Verfahren der Halbleitertechnologie zur Herstellung von Dünnfilm-Wellenleitern und anderen optischen Bauelementen ein [1965–2].
H. Schwarz, H. A. Tourtellotte und W. W. Gaertner beobachten die Beugung eines Elektronenstrahls an einer stehenden Lichtwelle [1965–3]. Dieser Effekt war bereits 1933 von Kapitza und Dirac theoretisch vorhergesagt worden [1965–4].

Lit.:

[1965–1] E. L. Bonin: 9th Symp. of the AGARD Avionics Panel, Paris 1965, «Optoelectronic Components and Devices».
[1965–2] D. B. Anderson: Optical and Electro-Optical Information Processing, ed. by J. Tippett, MIT Press, Cambridge, Mass., 1965
[1965–3] H. Schwarz, H. A. Tourtellotte und W. W. Gaertner: Phys. Letters, *19*, 202 (1965)
[1965–4] P. L. Kapitza und P. A. M. Dirac: Proc. Cambridge Phil. Soc. *29*, 297 (1933)

1966

Die Raumflugkörper Luna 9 (UdSSR) und Surveyor 1 (USA) landen weich auf dem Mond, Luna 10 und Lunar Orbiter umkreisen den Erdtrabanten. I. Suda und Mitarbeitern gelingt es, mit enzephalographischen Methoden Lebensaktivitäten an Katzenhirnen zu beobachten, welche bis zu 203 Tage lang tiefgefroren waren.
Zwei Forschergruppen um Schafer und Sorokin verwenden erstmals organische Farbstoffe als aktive Lasermedien [1966–1, 2]. Bei den ersten Versuchen wird Polymethin und Phtalocyanin mit Rubin-Riesenimpulslasern gepumpt.
In der UdSSR beginnt man mit der maschinellen Lesung handgeschriebener Postleitzahlen. Die Briefumschläge tragen ausser den Orientierungsbalken für die fotoelektrische Abtasteinrichtung zartpunktierte Leitlinien. Diese hat der Anwender mit Bleistift, Kugelschreiber oder Tinte so nachzuziehen, wie es ein auf der Umschlagklappe dargestelltes Schriftmuster veranschaulicht.
Die Grafiker Adrian Frutiger, Nicole Delamarre und André Gürtler entwickeln in Zusammenarbeit mit Spezialisten der European Computer Manufacturing Association eine neuartige Normschrift für die elektrooptische Schriftzeichenlesung [1966–3]. Der Fortschritt der Elektrooptik macht es nunmehr möglich, an Stelle der maschinellen Erfordernisse weitgehend die ästhetischen Ansprüche der EDV-Benutzer zu berücksichtigen.

Lit.:

[1966–1] P. P. Sorokin, J. R. Lankard, E. C. Hammond und V. L. Morruzi: IBM J. Res. Dev., *11*, 130 (1967)
[1966–2] F. P. Schafer, W. Schmidt und J. Volze: Appl. Phys. Letters, *9*, 306 (1966)
[1966–3] A. Frutiger, N. Delamarre und A. Gürtler: Typographische Monatsblätter, Januar 1967

ABCDEFGHIJKLM
NOPQRSTUVWXYZ
0123456789
. , : ; = + / $ * " & |
' - { } % ? ⑀ ⑂ ⑁
Ü Ñ Ä Ø Ö Æ Å £ ¥

Bild 50 Die Normschrift «OCR-A» für die automatische elektrooptische Schriftzeichenlesung. Die stark stilisierten Zeichenformen dieser Schriftart gestatten den Einsatz verhältnismässig grober Abtastraster, welche etwa einem Neun-Zeilen-Fernsehbild entsprechen.

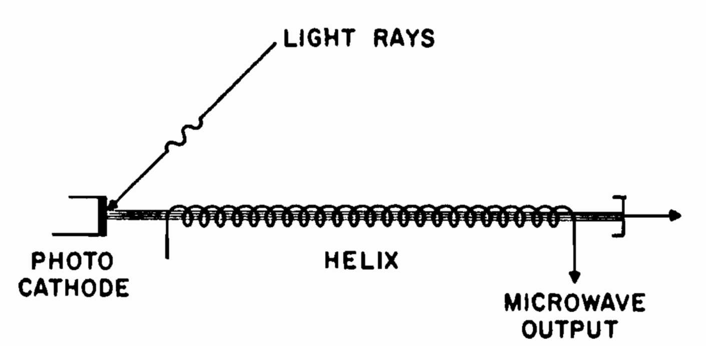


Bild 44 Diese 1962 von B. J. McMurtry und A.E. Siegman entwickelte Vakuumfotozelle nach dem Wanderwellenprinzip ist für mikrowellenmoduliertes Laserlicht geeignet.

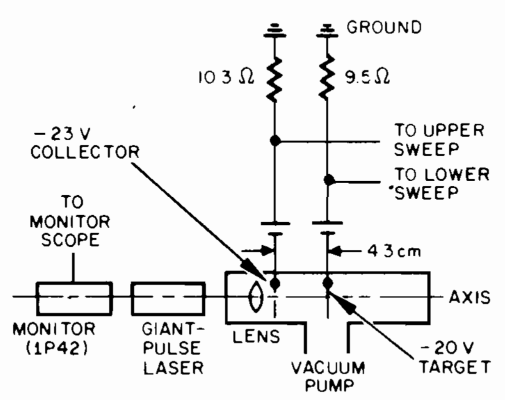
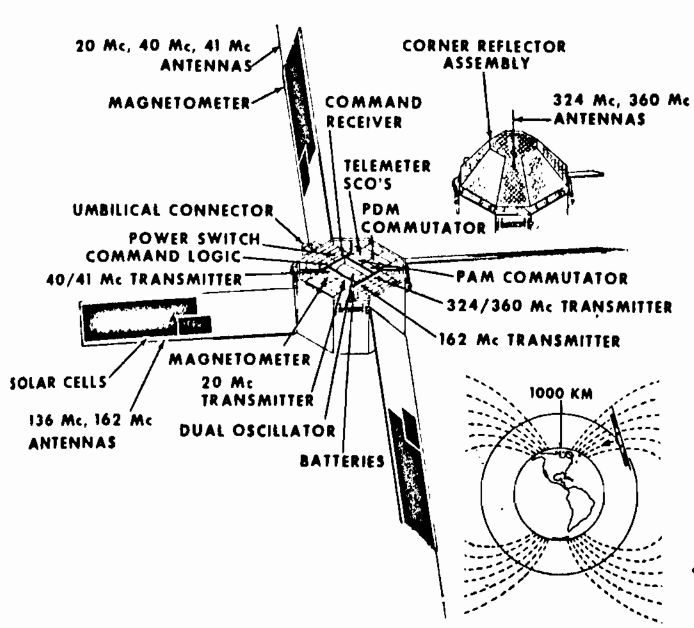


Fig. 1. Experimental system. Laser beam passed through hole in collector, and was focused on the target. Giant pulse was timed by monitor and by flow of electrons from target. System pressure before burst was 10^{-6} Torr.

Bild 46 Mit dieser Anordnung zeigt William I. Linlor 1963, dass es mit einem Rubin-Riesenimpulslaser möglich ist, Kohlenstoff- und Metallionen auf 1000 eV zu beschleunigen. Die Geschwindigkeitsmessung der beschleunigten Ionen erfolgt durch einen Zweistrahloszillographen, der mit zwei 43 mm voneinander entfernten Auffangelektroden verbunden ist.



Todesstrahlen über Sarnen?



Bild 48 Am schweizerischen Sarnersee werden 1963 geheimnisvolle Experimente mit intensiven Lichtbündeln durchgeführt. Die Massenmedien sprechen wieder einmal von Todesstrahlen...

Blockschaltbild des Grundig Lichtsprechgerätes LI 63 mit Fernbedienung.

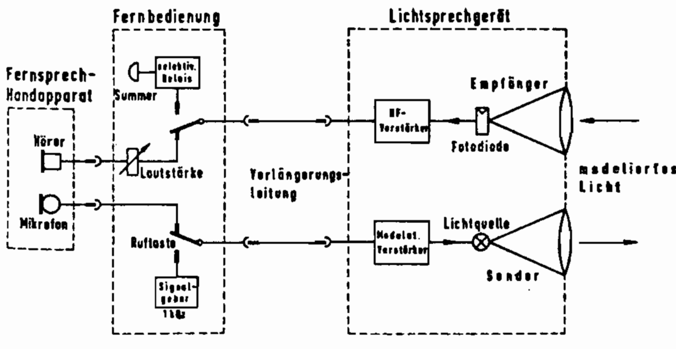


Bild 49 Auf der Hannover-Messe 1964 stellt Grundig die Lichtsprechanlage LiG3 der Öffentlichkeit vor. Die Reichweite beträgt 2 km. Zur Stromversorgung dienen 4 Monozellen, denen beim Empfang 20 und beim Senden 1000 mW entnommen werden. Der Übertragungsbereich umfasst Frequenzen zwischen 300 und 2500 Hz.

Bild 47 Auf der 1963 in Paris stattfindenen 3rd Quantum Electronics Conference wird das Projekt eines künstlichen Erdsatelliten mit Laserreflektor vorgestellt.

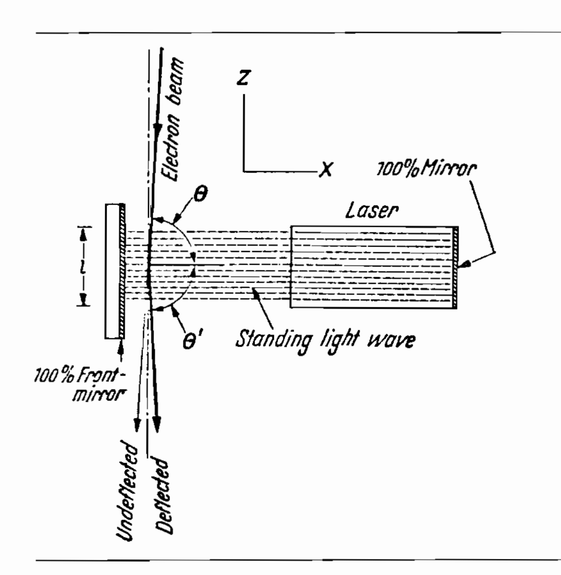


Bild 51 H. Schwarz, H. A. Tourtellotte und W.W. Gaertner beobachten 1965 die bereits 1933 von Kapitza und Dirac vorhergesagte Beugung eines Elektronenstrahls an einer stehenden Lichtwelle.

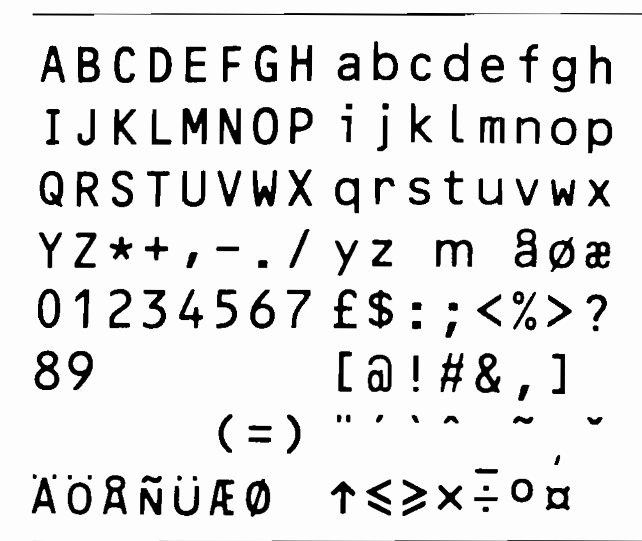


Bild 53 Die Normschrift «OCR-B» für die automatische elektrooptische Schriftzeichenlesung. Der Fortschritt der Elektrooptik ermöglicht es bereits 1966, an Stelle der Abtasterfordernisse mehr die ästhetischen Ansprüche der Benutzer zu berücksichtigen.

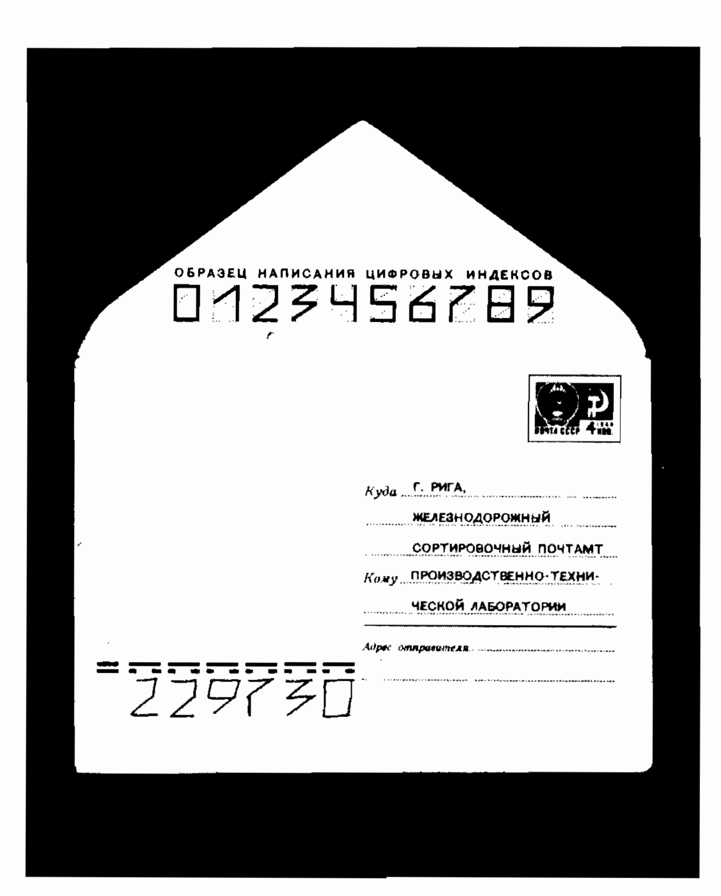


Bild 52 In der UdSSR beginnt man 1966 mit der Lesung handgeschriebener Postleitzahlen. Um die Vielfalt der Zeichenformen einzuschränken, tragen die Briefumschläge ein vorgedrucktes Raster aus punktierten Linien, welches nach einem auf der Umschlagklappe wiedergegebenen Muster nachzuziehen ist.

1967

Christiaan N. Barnard gelingt die erste Herztransplantation. Der Satellit ATS-3 übermittel aus 35 800 km Höhe ein Farbbild der gesamten Erde. Die Sekunde wird neu definiert: als die 9 192 631 770fache Periodendauer der dem Übergang zwischen zwei Hyperfeinstrukturniveaus von Cäsium 133 entsprechenden Strahlung.

Mit dem HCN-Laser gelingt Lide und Maki der Vorstoss in das Submillimetergebiet [1967–1]. Dieser Laser strahlt bei einer Wellenlänge von 0,337 mm. Die Dauerstrichleistung beträgt einige Zehntelwatt.

D. A. Leonard erreicht mit dem Stickstofflaser eine Wellenlänge von 337 nm. Wegen der hohen Verstärkung dieses Lasermediums genügt eine «halboffene Konfiguration» mit nur einem Spiegel, der unter Umständen auch entfallen kann. Mit diesem Lasertyp werden Impulsspitzenleistungen in der Grössenordnung von 1 MW erreicht. Bei einer Impulsdauer von etwa 10 ns sind Impulswiederholungsfrequenzen bis zu 100 Hz möglich.

Lit.:

[1967–1] D. R. Lide, Jr. und A. G. Haki: Appl. Phys. Letters, *11*, 62 (1967)

1968

Im Raumfahrzeug «Apollo 8» umkreisen F. Borman, J. Lovell und W. Anders als erste Menschen den Mond. C.H. Townes und A.C. Cheung beobachten Mikrowellenstrahlung von 13 mm Wellenlänge, welche offensichtlich von Ammoniakmolekülen in Dunkelwolken der Milchstrasse stammt. G. Ungar weist nach, dass Ratten durch Hirnextrakte dressierter Artgenossen die Dressurinformation übernehmen.

G. Heilmeier beginnt in den RCA-Laboratorien die Brauchbarkeit flüssiger Kristalle für optische Anzeigen zu untersuchen. Der bald darauf einsetzende Bedarf an billigen raumsparenden Displayelementen für Uhren, Taschenrechner usw. verhilft der Flüssigkristalltechnik zu einem beachtlichen Aufschwung [1968–1].

D.J. Bradley und seine Mitarbeiter erreichen durch Einbau eines Fabry-Perot-Etalons in den Strahlengang eines longitudinal gepump-

ten Farbstofflasers eine Bandbreite von 10^{-3} nm. Dieser Lasertyp kann kontinuierlich abgestimmt werden und eignet sich so als spektroskopische Lichtquelle [1968–2]. Da der Farbstoff seine negative Absorption über ein breites Band zeigt, können auch ultrakurze Impulse von 10^{-13} Sekunden erzeugt werden [1968–3].

N. G. Basov und seine Mitarbeiter bestrahlen Lithiumdeuterid mit 10^{-11} Sekunden langen Laserimpulsen von 20 Joule und erhalten 30 bis 100 Neutronen pro Impuls – das erste Anzeichen einer laserindizierten Kernfusion [1968–4].

P. Glaser schlägt Sonnenkraftwerke im Weltraum vor. Die durch Solarzellen gewonnene elektrische Energie soll in Form von Mikrowellen zur Erde übertragen werden. Die Mikrowellenübertragung ist im 3-GHz-Bereich vorgesehen. Der finanzielle Aufwand wird auf 2500 Dollar pro Kilowatt geschätzt.

Lit.:

[1968–1] G. Heilmeier: Appl. Phys. Letters, *13*, 46 (1968)
[1968–2] D. J. Bradley, G. M. Gale, M. Moore und P. D. Smith: Phys. Letters, 26A, 378 (1968)
[1968–3] D. J. Bradley: Optica Acta, *15*, 431 (1968)
[1968–4] N. G. Basov. P. G. Kriukov, S. D. Zakharov, Yu. V. Senatsky und S. V. Tchekalin: IEEE Journal of Quantum Electronics, QE-4, 864 (1968)

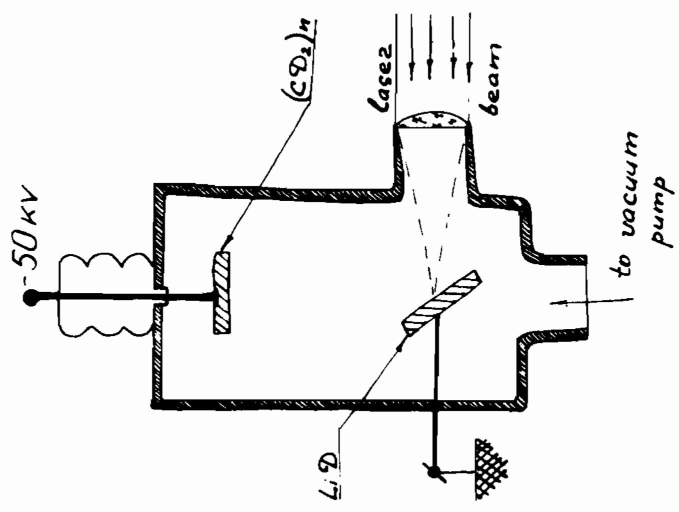


Bild 54 Eine Laser-Neutronenquelle von N.G. Basov aus dem Jahre 1968. Im Fokus eines Riesenimpulslasers befindet sich ein Target aus Lithiumdeuterid. Bei einer Impulsenergie von 20 Joule können als erstes Anzeichen einer laserinduzierten Kernfusion 30 bis 100 Neutronen pro Impuls nachgewiesen werden.

1969

Beobachtung der Ablenkung kosmischer Mikrowellen durch das Schwerefeld der Sonne bestätigt die allgemeine Relativitätstheorie. An der Harvard Medical School gelingt die Isolation eines einzelnen Gens.

Die weitere Entwicklung der Elektrooptik verknüpft sich immer enger mit jener der Mikroelektronik. S. E. Miller prägt den Begriff «Integrated Optics» [1969–1].

Eine Forschergruppe um F. Floux bestrahlt festes Deuterium mit Laserimpulsen von 4 GW Spitzenleistung. Infolge Kernfusion werden 10^3 Neutronen pro Impuls produziert [1969–2].

Am 21. Juli deponieren die Astronauten von «Apollo 11», Neil Armstrong und Edwin Aldrin, unter anderem einen Laserreflektor auf dem Mond.

Lit.:

[1969–1] S. E. Miller: Bell System Tech. J., *48*, 2059 (1969)
[1969–2] F. Floux u. a.: Phys. Review, A1, 821 (1970)